



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
51/2020

TEHOSTETTU MOBIILI KITKAN- MITTAUS VALTATIE 4:LLÄ

Talvikausien 2018-2019 ja 2019-2020
tulokset



Mikko Malmivuo

Tehostettu mobiili kitkanmittaus valtatie 4:llä

Talvikausien 2018-2019 ja 2019-2020 tulokset

Väyläviraston julkaisuja 51/2020

Väylävirasto
Helsinki 2020

Kannen kuva: Mikko Malmivuo

Verkkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-809-0

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. 0295 34 3000

Mikko Malmivuo: Tehostettu mobiili kitkanmittaus valtatie 4:llä - Talvikausien 2018-2019 ja 2019-2020 tulokset. Väylävirasto. Helsinki 2020. Väyläviraston julkaisuja 51/2020. 29 sivua ja 4 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-809-0.

Avainsanat: kitka, liukkaus, mittausmenetelmät, talvihoito, talvitiet

Tiivistelmä

Maanteiden pääverkon osalta on jo pitkään ollut tarvetta parempaan palvelutason seurantaan. Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena testata tehostettua mobiilia kitkanmittausjärjestelmää valtatiellä 4 Helsingin ja Oulun välillä. Tavoitteena oli sekä testata järjestelmän toimivuutta, että kerättyä mittaus-tietoa analysoimalla tuottaa kattava kuva tien talviolosuhteista.

Syksyllä 2018 asennettiin yhteensä 8 kpl optisia kitka- ja keliantureita RCM411 neljään Vähälä Oy:n kuorma-autoon ja neljään Koiviston Auto Oy:n linja-autoon. Syksyllä 2019 yksi antureista siirrettiin V. Alamäen linja-autoon, sillä yksi Koiviston Auton linja-autoista siirtyi muille linjoille.

Mittaustulosten mukaan liukkautta havaittiin talvikaudella 2018-19 jonkin verran enemmän kuin oletettiin. Moottoriteiden kitkataso vaikutti selvästi paremmalta kuin yksiajorataisten, vaikka vuodenvaihteen 2018-19 jälkeen ei laatuvaatimusten puitteissa pitäisi suuria laatueroja enää olla. Suola kuitenkin vaikuttaa huonommin vähäliikenteisemmällä osuuksilla. Lisäksi pakkausliukkauden rooli korostui erityisesti talvikaudella 2018-19. Suuri osa tammi-helmikuun liukkaudesta liittyi keleihiin, joissa lämpötila oli alle -6°C. Talvihoidon laatuvaatimusten mukaan Ise ja Is-teiden laatuvaatimus on alle -6°C lämpötilassa alhaisempi, sillä suola ei näissä lämpötiloissa enää kovin hyvin tehoa.

Kauden 2018-19 tammi-helmikuun mittaustietojen perusteella vaikutti, että liukkautta oli hieman enemmän yön tunteina. Selvästi lämpimämpänä talvikautena 2019-20 vastaavaa ilmiötä ei enää nähty. Liukkautta vaikutti esiintyvän hieman tyypillisemmin yli 2 % määssä. Toisaalta mäkiiä oli enemmän pohjoisemman vähäliikenteisimmällä osuuksilla, missä muutenkin liukkautta todettiin useammin. Liukkauden tasoerojen ei havaittu erityisesti liittyvän urakkarajoihin, tosin oikean tasoerojen tunnusluvun määrittäminen oli vaikeaa. Kokemuksesta tiedetään, että tasoeroja esiintyy hoitourakoiden rajoilla jonkin verran.

Teknisestä näkökulmasta eniten ongelmia aiheutti se, että dataa lähettävä puhelin ei pysynyt aina päällä. Mittaus onnistui hieman paremmin niissä autoissa, joissa oli vähemmän kuljettajia. Kun kuljettajien vaihtuvuus oli suurempi, kuljettajat eivät ehtineet perehtyä järjestelmän ylläpitoon. Mikäli puhelin olisi korvattavissa toimintavarmemmalla blackbox-tyyppisellä ratkaisulla ja mikäli mittausreittien päätepiisteet osuisivat samalla maantieteelliselle alueelle, yksi henkilö pystyisi todennäköisesti ylläpitämään usean sadan auton järjestelmää. Ammattiliikenteessä yhden laiteasennuksen elinikä on tyypillisesti 3-7 vuotta. Tämän jälkeen kalusto uusitaan.

Kahdeksan anturin järjestelmällä pystyttiin tuottamaan varsin kattava kuva vt 4:n talviolosuhteista. Tuotetulla datalla pystyttiin tarkkailemaan vt 4 olosuhteita jopa odotettua monipuolisemmin.

Mikko Malmivuo: Effektiverad mobil friktionsmätning på riksväg 4 - Resultat från vinterperioderna 2018–19 och 2019–20. Trafikledsverket. Helsingfors 2020. Trafikledsverkets publikationer 51/2020. 29 sidor och 4 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-809-0.

Sammanfattning

I fråga om landsvägarnas huvudnät har det redan länge funnits behov av en bättre uppföljning av servicenivån. Målet med denna undersökning var att testa det effektiverade mobila friktionsmätningssystemet på riksväg 4 mellan Helsingfors och Uleåborg. Målet var både att testa hur väl systemet fungerar och att genom att analysera de insamlade mätningssuppgifterna producera en heltäckande bild av vägens vinterförhållanden.

Hösten 2018 installerades sammanlagt 8 optiska friktions- och väglagsensorer av typen RCM411 i fyra lastbilar i Vähälä och fyra bussar i Koivisto. Hösten 2019 flyttades en av sensorerna till en av V. Alamäki Oy:s bussar, eftersom en av Koivistos bussar flyttades till andra linjer.

Enligt mätresultaten observerades något mer halka under vinterperioden 2018–19 än vad man antog. Friktionsnivån på motorvägarna verkade klart bättre än på vägar med en körbana, även om det efter årsskiftet 2018–19 inte längre borde finnas några stora kvalitetsskillnader inom ramen för kvalitetskraven. Saltet har dock sämre inverkan på mindre trafikerade avsnitt. Dessutom framhövdes frosthalkans roll särskilt under vintersäsongen 2018–19. En stor del av halkan i januari–februari förekom vid väglag där temperaturen låg under -6°C . Enligt kvalitetskraven för vinterunderhåll är kvalitetskravet för lse- och ls-vägar lägre i temperaturer under -6°C , eftersom saltet i dessa temperaturer inte längre är särskilt effektivt.

Utgående från mätuppgifterna för januari–februari under perioden 2018–19 verkade det som om halkan var något större under natten. Under den klart varmare vinterperioden 2019–20 sågs inte längre motsvarande fenomen. Halka verkade förekomma något mer oftare i över 2% av backarna. Å andra sidan fanns det fler backar på de mindre trafikerade avsnitten längre norrut, där det också i övrigt konstaterades oftare förekomma halka. Skillnaderna mellan halknivåerna verkade inte ha något särskilt samband med entreprenadgränserna, men det var svårt att fastställa rätt nyckeltal för nivåskillnaderna. Erfarenheten visar att det i viss mån förekommer nivåskillnader vid gränserna för underhållsentreprenader.

Det största tekniska problemet orsakades av att telefonen som skickade data inte alltid hölls påslagen. Mätningen lyckades något bättre i bilar med färre förare. När förarna byttes oftare hann de inte sätta sig in i systemets underhåll. Om telefonen kunde ersättas med en mer funktionssäker lösning, såsom en blackbox, och om mätningssrutternas ändpunkter skulle finnas i samma geografiska område, skulle en person sannolikt kunna upprätthålla ett system med flera hundra bilar. I yrkestrafik är livslängden för en installation av utrustningen vanligen 3–7 år. Därefter förnyas utrustningen.

Med ett system med åtta sensorer kunde man skapa en mycket heltäckande bild av vinterförhållandena på rv 4. Med den producerade informationen kunde man granska förhållandena på rv 4 mer mångsidigt än väntat.

Mikko Malmivuo: Enhanced mobile friction measurement on main road 4 - Results for winter seasons 2018-19 and 2019-20. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2020. Publications of the FTIA 51/2020. 29 pages and 4 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-809-0.

Abstract

There has long been a need for better monitoring of the service level of Finland's main road network. The aim of this study was to test the enhanced mobile friction measurement system on main road 4 between Helsinki and Oulu. The objective was to both test the functionality of the system and to produce a comprehensive picture of the road's winter conditions by analysing the measurement data collected.

In autumn 2018, a total of 8 RCM411 optical friction and road weather sensors were installed in four Vähälä-owned trucks and four Koivisto-owned buses. In autumn 2019, one of the sensors was transferred to a V. Alamäki-owned bus, as one of the Koiviston auto-owned buses was transferred to another route.

According to the measurement results, more slipperiness was observed in the winter season 2018-19 than expected. The level of friction seemed to be notably better on motorways than on single carriageway roads, although after the turn of the year 2018-19 there should no longer be any major quality differences within the framework of quality requirements. However, salt is not as effective on sections with less traffic. In addition, the role of slipperiness due to sub-zero temperatures was emphasised especially during the winter season 2018-19. Most of the slippery conditions in January-February were related to weather conditions where the temperature was less than -6 °C. According to the quality requirements for winter management, the quality requirement for Ise and Is roads is lower at temperatures below -6, as salt is no longer effective at these temperatures.

Based on the data from January to February 2018-19, there was a slight increase in slippery hours during the night. The same phenomenon was no longer observed during the clearly warmer 2019-20 winter season. Slippery conditions seemed to be slightly more typical on hills with a slope of more than 2%. On the other hand, there were more hills on the northern sections of the road, which have less traffic, and where slippery conditions are more common anyway. Differences in level of slipperiness were not observed to be particularly related to maintenance contract boundaries, although it was difficult to determine an accurate key figure for difference of level. Experience has shown that differences in level are somewhat prevalent at maintenance contract boundaries.

The largest number of technical problems was caused by phones that sent the data shutting down. The measurement was slightly more successful in vehicles that had fewer drivers. When the driver turnover was higher, the drivers did not have time to learn how to maintain the system. If a mobile phone could be replaced with a more reliable blackbox-type solution and if the endpoints of the measurement routes were to fall into the same geographical area, one person could probably maintain a system that comprises several hundred vehicles. The lifetime of one device installation is typically 3-7 years in professional road transport. After this, the equipment is renewed.

The eight sensor system was able to produce a fairly comprehensive picture of the winter conditions of main road 4. The data produced could be used to monitor the conditions of main road 4 in a much more versatile manner than expected.

Esipuhe

Maanteiden pääverkon osalta on jo pitkään ollut tarvetta parempaan palvelutason seurantaan. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu tehostetun mobiilin kitkamittauksen hyödynnettävyyttä palvelutason seurannassa. Valtatie 4 valikoitui koetieksi sen keskeisen aseman ja tiettyjä tieosuusia koskevien palautteiden vuoksi. Syksyllä 2018 asennettiin kahdeksaan raskaan liikenteen ajoneuvoon optinen kitka- ja kelianturi RCM411. Tässä raportissa on kuvattu kokemuksia ja tuloksia kahden talvikauden (2018-19 sekä 2019-20) mittauksista vt 4:llä Helsingin ja Oulun välillä.

Projekti on Pohjois-Pohjanmaan, Keski-Suomen ja Uudenmaan ELY-keskusten pääosin rahoittama. Lisäksi Väylävirasto on rahoittanut tiettyjä aineiston lisäanalyysijä. Projektin ohjausryhmään ovat kuuluneet Jukka Lehtinen, Hannu Onkila ja Vesa Partanen (Partanen korvasi Onkilan joulukuussa 2018) Keski-Suomen ELY-keskuksesta, Timo Mäkikyrö Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta, Tuovi Päiviö ja Eini Hirvenoja Uudenmaan ELY-keskuksesta, Pekka Rajala, Jukka Karjalainen, Magnus Nygård Väylävirastosta sekä Mikko Malmivuo Innomikko Oy:stä.

Projektin seurantar ryhmään ovat kuuluneet Vesa Partanen, Timo Hyvönen ja Pekka Haatainen Keski-Suomen ELY-keskuksesta, Jussi Säaskilahti Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta, Jukka Vanhanen Lapin Ely-keskuksesta, Tuomo Ratia, Jan Berghäll ja Tuomas Vasama Kaakkois-Suomen Ely-keskuksesta, Otto Kärki Väylävirastosta sekä Mikko Malmivuo Innomikko Oy:stä.

Mikko Malmivuo Innomikko Oy:stä on vastannut tutkimuksen johdosta sekä raporttien ja analyysien teosta. Pertti Massa Tietomassa Oy:stä auttoi mäkisyys-tietojen muuntamisessa koordinaattimuotoon. Taisto Haavasoja Teconer Oy:stä on toimittanut RCM411 laitteet sekä vastannut niiden asennuksista ja teknisestä tuesta.

Tutkimusryhmä haluaa kiittää tutkimukseen osallistuneita kuljetusyrityksiä. Tutkimukselle antoivat erityisesti tukensa toimitusjohtaja Ville Vähälä, talous- ja tuotantojohtaja Juha Salonen ja hankintapäällikkö Ari Karjalainen Vähälä Oy:stä, toimitusjohtaja Mikko Markkula ja korjaamopäällikkö Timo Lääveri Koi-viston Auto Oy:stä sekä toimitusjohtaja Esko Alamäki ja kuljetuspäällikkö Keijo Kettunen V.-Alamäki Oy:stä.

Helsingissä syyskuussa 2020

Väylävirasto

Kunnossapidon ohjaus ja kehittäminen

Sisältö

1	JOHDANTO	8
1.1	Tausta.....	8
1.2	Tavoite	8
2	JÄRJESTELMÄN KUVAUS	9
3	YHTEENVETO TALVIKAUSIEN 2018-20 TULOKSISTA	11
3.1	Talvikausien kitka- ja kelijakaumat	13
3.2	Kitka eri viikonpäivinä ja kellonaikoina	15
4	LIUKKAIMMAT TIENKOHDAT SEKÄ HOIDON TASOEROT	18
5	JÄRJESTELMÄN TOIMINTA	22
6	JÄRJESTELMÄN LAAJENTAMISEN EDELLYTYKSET	25
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	27
	LÄHTEET	29
LIITTEET		
Liite 1	Talvikausien kitka- ja kelijakaumat osuuksittain	
Liite 2	Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus tunneittain, tieosuuksittain ja kausittain	
Liite 3	Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa	
Liite 4	Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa	

1 Johdanto

1.1 Tausta

Maanteiden pääverkon osalta on jo pitkään ollut tarvetta parempaan palvelutason seurantaan. Talviajan palvelutason seuranta on avain talviliikenteen kehittämiseen. Kun ymmärretään paremmin milloin, missä ja minkälaisissa tilanteissa huonoja ajo-olosuhteita esiintyy, pystytään poikkeamiin reagoimaan.

Lisäksi 1.8.2018 voimaan tulleen lain (Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä) palvelutasovaatimukset ja yleiset tienpitovaatimukset edellyttävät tienpitäjältä valmiuksia kehittää maanteiden palvelutasoa ja turvallisuutta hyödyntämällä tietoa ja digitalisaatiokehityksen avaamia mahdollisuuksia. Erityisesti vilkasliikenteisillä valta- ja kantateillä tienpitäjän on varmistettava ajantasaisten liikenne- ja olosuhdetietojen saatavuus.

Valtatie 4 on keskeinen ja pisin etelä-pohjoissuuntainen pääväylä. Tienkäyttäjiltä on tullut palautetta tiettyjen vt 4:n osuuksien heikosta talvikunnosta. Tien säännöllisen ammattiliikenteen vuoksi tehokkaan mobiilin kitkamittauksen järjestäminen oli tiellä mahdollista.

1.2 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on

- asentaa yhteensä 8 optista RCM411 keli- ja kitkamittaria säännöllisesti valtatie 4:llä liikkuvaan kalustoon (Helsinki – Oulu väli)
- seurata em. mittarien avulla Vt4:n keliä ja kitkaa 1.10.-30.4. välillä ainakin talvikausina 2018-19 ja 2019-20, mahdollisesti myös 2020-21 (optio-vuosi)
- testata järjestelmän teknistä toimivuutta ja arvioida ylläpidon vaatimuksia
- analysoida mittausten perusteella sitä, milloin, missä ja minkälaisissa tilanteissa huonoja ja liukkaita ajo-olosuhteita tyypillisimmin esiintyy.

2 Järjestelmän kuvaus

Syys-lokakuussa 2018 asennettiin neljään Koiviston Auto Oy:n linja-autoon ja neljään Vähälä Oy:n kuorma-autoon optinen kitka- ja kelianturi RCM411. Autot valittiin siten, että niillä saavutetaan mahdollisimman tasainen mittaus Vt4:llä Helsingin ja Oulun välillä viikonpäivästä riippumatta (taulukko 1).

Taulukko 1. Ohjeellinen mittausaikataulu. Kuvan numerot ovat ohjeellisia lähtöaikoja tunnin tarkkuudella valituille osuuksille.

	Oulu->Jyväskylä	Jyväskylä->>Hki	Hki->Jyväskylä	Jyväskylä->Oulu	Auto
MA	4, 12, 19, 23	0, 3, 5, 9, 9, 17	8, 12, 15, 17, 21, 23	0, 1, 12, 16, 21	Koivisto 1-3
TI	4, 12, 19, 23	3, 5, 9, 9, 17	12, 15, 17, 21, 23	0, 1, 16, 21	Koivisto 4
KE	4, 12, 19, 23	3, 5, 9, 9, 17	12, 15, 17, 21, 23	0, 1, 16, 21	Vähälä 1
TO	4, 12, 19, 23	3, 5, 9, 9, 17	12, 15, 17, 21, 23	0, 1, 16, 21	Vähälä 2
PE	4, 12, 19, 19, 23	3, 5, 9, 9, 17	12, 15, 17, 21, 23	0, 1, 16, 21	Vähälä 3-4
LA	12, 19	0, 5, 9, 17	8, 12, 15, 23	12, 16	
SU	12, 19	0, 5, 9, 17	8, 12, 15, 23	12, 16	

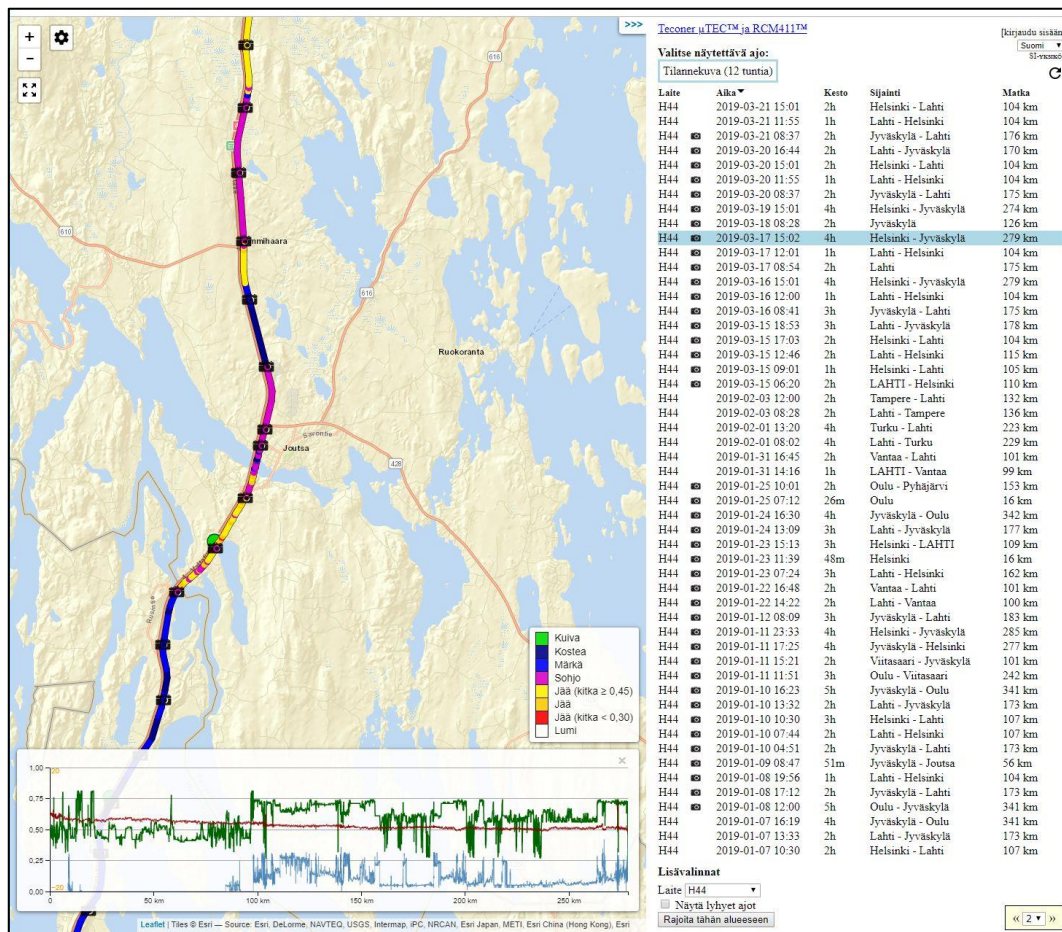
Maaliskuussa 2019 Koiviston Auto Oy:n reittimuutosten vuoksi yksi Koiviston Auto Oy:n linja-auto lopetti liikennöinnin valtatie 4:llä. Kyseisen auton anturi siirrettiin syksyllä 2019 V.-Alamäen linja-autoon. Lisäksi maaliskuussa 2019 kahden Koiviston Auto Oy:n linja-auton aikataulu hieman muuttui, mutta ne liikennöivät edelleen valtatiellä 4. Nämä linja-autot pidettiin talvella 2019-20 edelleen mittauksissa mukana.

Optinen kitkamittari koostuu varsinaisesta erillisessä suojakotelossa olevasta mittausanturista, mittausdatan langattomasti siirtävästä bluetooth-yksiköstä sekä ajoneuvossa sijaitsevasta puhelimesta, joka vastaanottaa datan, sekä lähettää sen mobiiliyhteyden avulla palvelimelle. Lisäksi puhelin ottaa säännöllisesti kuvia maantiestä. Kaikki anturit asennettiin siten, että ne mittaavat vasenta pyöränuraa.



Kuva 1. Anturin asennusta linja-autoon. Anturi suojakotelointeen oikealla.

Kuvassa 2 on esimerkki "Roadweather.online"-palvelusta, missä oli mahdollisuus seurata mittauksia reaaliaikaisesti. Palvelu oli mm. aluevastaavien ja urakoitsijoiden käytettävissä.



Kuva 2. Esimerkki "Roadweather.online"-palvelusta, missä voidaan mm. tarkkailla yksittäisiä mittauksia karttapohjalla. Kameran kuvaa klikkaamalla saattoi nähdä kuvan tiestä kyseisellä tienkohdalla.

RCM411 kitka- ja kelianturin tarkkuutta on selvitetty mm. vuonna 2013 tehdyssä tutkimuksessa (Malmivuo 2013). Tämän vuoksi menetelmän tarkkuuden arviointi ei kuulunut tämän tutkimuksen prioriteetteihin.

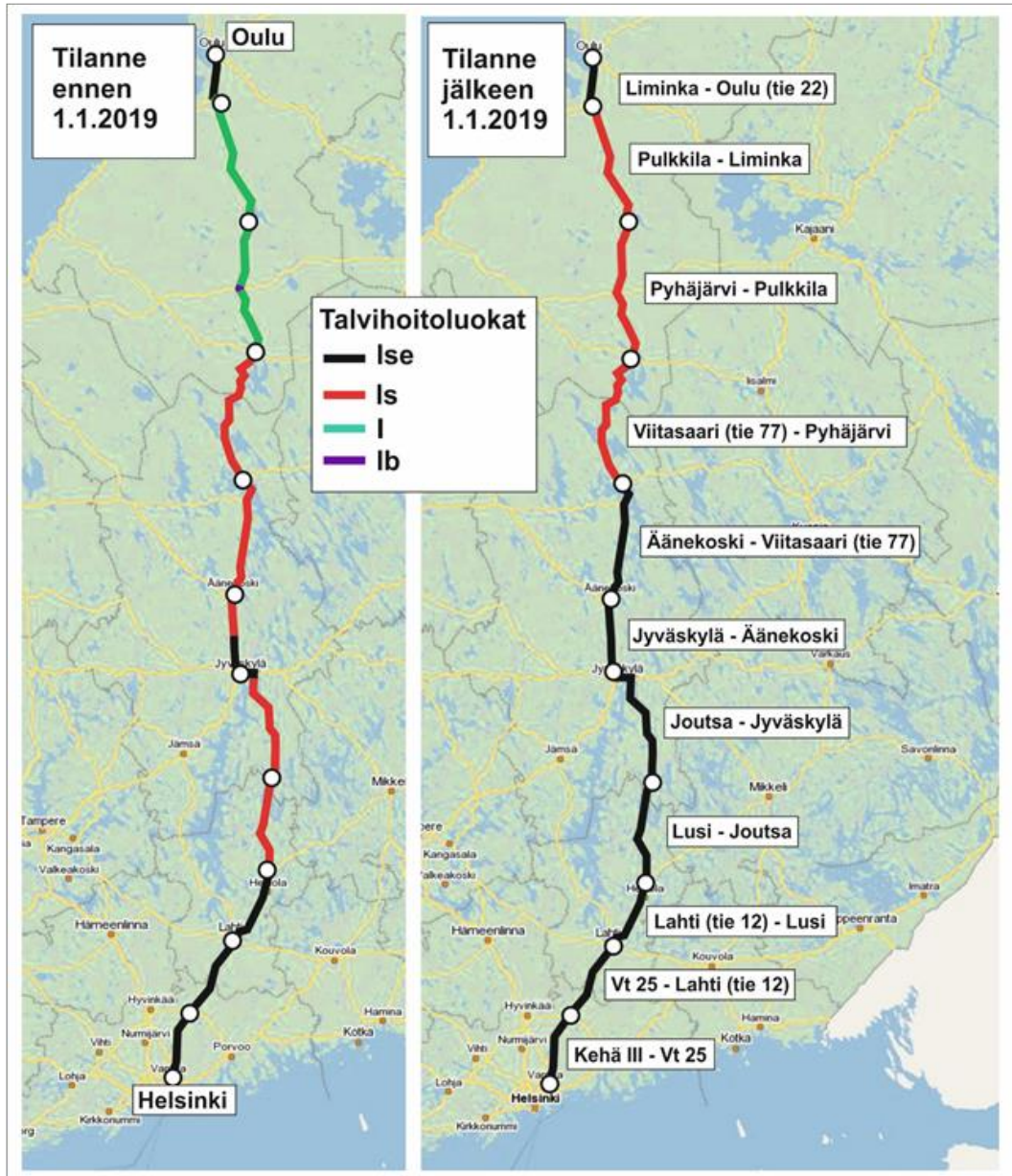
3 Yhteenveto talvikausien 2018-20 tuloksista

Talvikausien tuloksista on tuotettu kahden viikon ajanjaksot kattavia yhteenvetoja talvien aikana. Tämä on mahdollistanut vt 4:n tilanteen kokonaiskuvan hahmottamisen jo kesken talvikauden. Tässä raportissa tarkastellaan kokonaisia talvikausia.

Mittaustulokset on ilmoitettu erikseen 11 tieosuudelle. Osuuksia on kuvattu taulukossa 2 ja kuvassa 3.

Taulukko 3. Analyseissä käytetyt osuudet, osuuksien kokonaispituus, keskimääräinen vuorokausiliikenne sekä kunnossapitoluokat (ennen ja jälkeen vuodenvaihteen 2018-19)

N:o	Osuus	Km	Kvl	Kplk ennen 1.1.2019				Kplk 1.1.2019 jälkeen	
				Ise	Is	I	Ib	Ise	Is
1	Kehä III - Tie 25	42	41561	100 %				100 %	
2	Tie 25 - Lahti (tie12)	46	25104	100 %				100 %	
3	Lahti - Lusi	43	21047	100 %				100 %	
4	Lusi - Joutsa	51	7555		100 %			100 %	
5	Joutsa - Jyväskylä	65	14136	9 %	91 %			100 %	
6	Jyväskylä - Äänekoski	40	16549	20 %	80 %			100 %	
7	Äänekoski - Viitasaari (tie 77)	63	6103		100 %			48 %	52 %
8	Viitasaari (tie 77) - Pyhäjärvi	72	4413		100 %				100 %
9	Pyhäjärvi - Pulkila	65	4156		9 %	89 %	2 %		100 %
10	Pulkila - Liminka	67	5596			100 %			100 %
11	Liminka - Oulu (tie 22)	21	30721	100 %				100 %	



Kuva 3. Mittausosuudet ja talvihoitoluokat kartalla. Talvihoitoluokat ennen ja jälkeen 1.1.2019.

Esitettävissä tuloksissa on kitkan osalta käytetty RCM411-anturin tuottamaa kitkatietoa. Kyseinen kitkatieto perustuu kuitenkin fysikaaliseen kitkaskaalaan, joka on erilainen, kuin Väyläviraston käyttämä skaala. Fysikaalisen skaalan katsotaan vastaavan Väyläviraston skaalaa taulukon 4 mukaisesti.

Taulukko 4. RCM411:n kitkaskaalan ja Väyläviraston kitkaskaalan vastaavuus

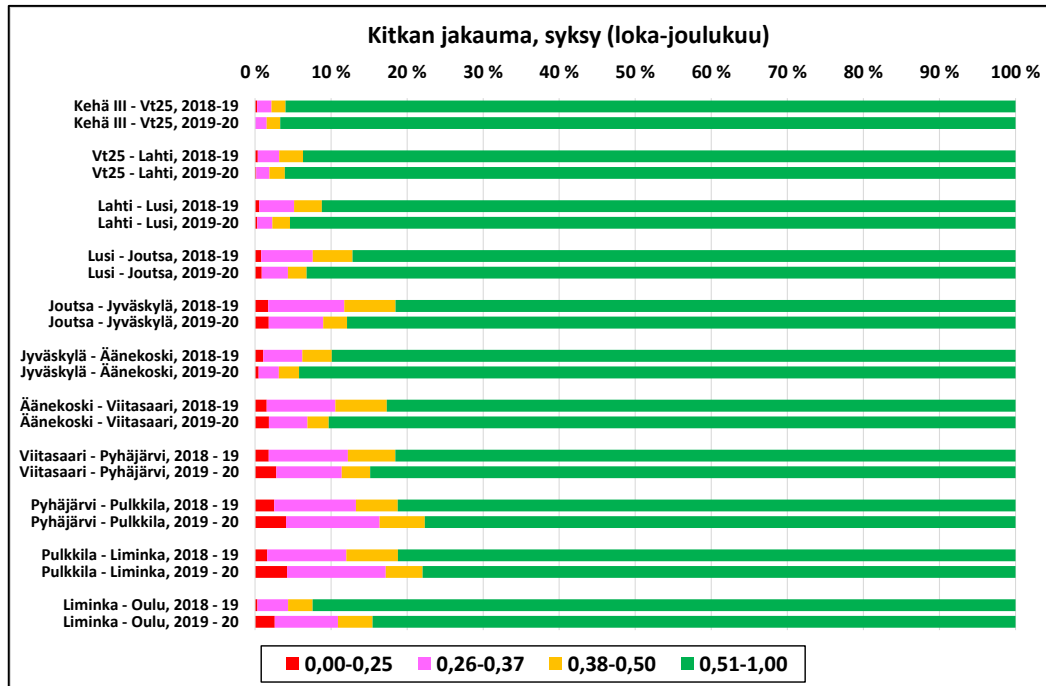
RCM411 (fysikaalinen kitkaskaala)	Väyläviraston kitkaskaala	Kuvaus
0,00-0,25	0,00-0,19	Pääkallokelii, todennäköinen kitkavaatimus alitus (mikäli toimenpideaajan ulkopuolella)
0,26-0,37	0,20-0,29	Mahdollinen kitkavaatimuksen alitus ls- ja lse- hoitoluokissa ((mikäli toimenpideaajan ulkopuolella ja lämpötila > -6°C)
0,38-0,50	0,30-0,39	Hieman madaltunut kitkataso
0,51-1,00	0,40-1,00	Pitävä keli

3.1 Talvikausien kitka- ja kelijakaumat

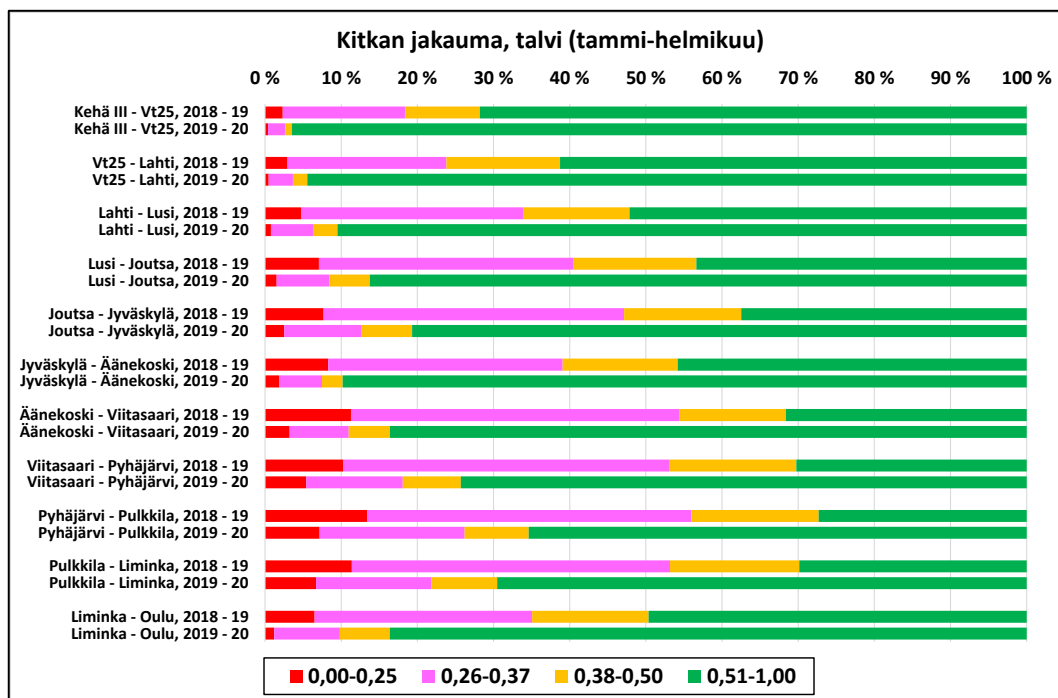
Liitteessä 1 on esitetty osuiksittain talvikausien 2018-19 ja 2019-20 kitka- ja kelijakaumat. Seuraavissa kuvissa 4-6 on yhteenveto kitkan jakaumasta syksyn (loka-joulukuu), talven (tammi-helmikuu) ja kevään (maalis-huhtikuu) osalta. Syksyn (kuva 4) osalta on muistettava, että jälkimmäinen tarkastelukausi edustaa tilannetta, jossa hieman yli puolet Helsingin ja Oulun välisestä tiepituudesta siirtyi korkeampaan hoitoluokkaan. Samasta syystä talvikausi (kuva 5) haluttiin tässä tarkastelussa aloittaa vasta tammikuusta: tällöin kumpikin tarkastelukausi edustaa talvihoitoluokituksen osalta identtistä tilannetta. Kaiken kaikkiaan luotettavaa vertailua kuitenkin vaikeutti se tosiseikka, että talvi 2019-20 oli suuressa osassa maata selvästi talvea 2018-19 leudompi.

Liitteen 1 kuvien perusteella voidaan varsin selkeästi nähdä, että merkittävä osa keskitalven alhaisista kitkalukemista liittyy pakkasliukkauteen. Kuvia tarkastellessa on syytä muistaa, että kitka voi alittaa lukeman 0,38 myös syistä, jotka eivät liity laatuvaatimusten alitukseen:

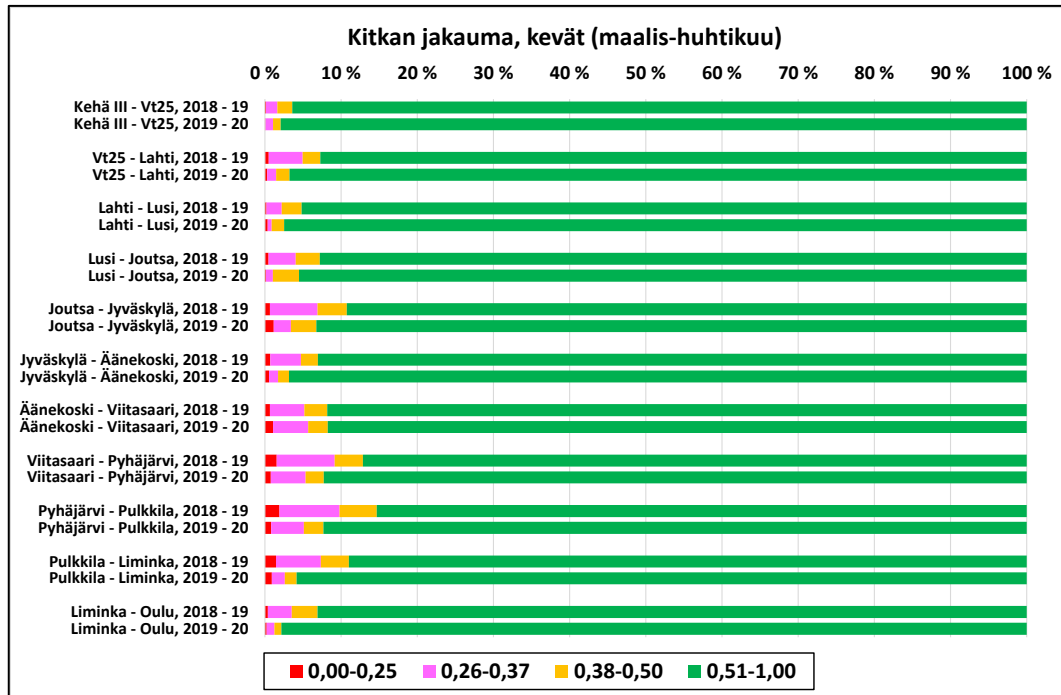
- kyseessä on säänmuutos, johon liittyy toimenpideaika, jonka aikana urakoitsijan tulee nostaa kitka vaatimuksenmukaiseksi
- alle -6°C lämpötilassa kitkavaatimus on alhaisempi
- virallinen kitkamittaus suoritetaan hyväksytyillä jarrutuskitkamittareilla. Jarrutuskitkamittaukseen ja optiseen mittaukseen liittyvien menetelmäerojen vuoksi jarrutuskitka voi tapauskohtaisesti näyttää hyväksyttyä kitkatasoa, vaikka optinen mittaus viittaisi laadun alitukseen. Toki eroa voi syntyä myös toisin päin.



Kuva 4. Syyskauden (loka-joulukuu) kelijakauman vertailu eri tieosuuk-silla (vt 4). Päiväkohtaisten kitkajakaumien keskiarvo. Matalat-kaan kitkatasot eivät välttämättä ole laadunalituksia.



Kuva 5. Talvikauden (tammi-helmikuu) kelijakauman vertailu eri tieosuuk-silla (vt 4). Päiväkohtaisten kitkajakaumien keskiarvo. Matalat-kaan kitkatasot eivät välttämättä ole laadunalituksia.



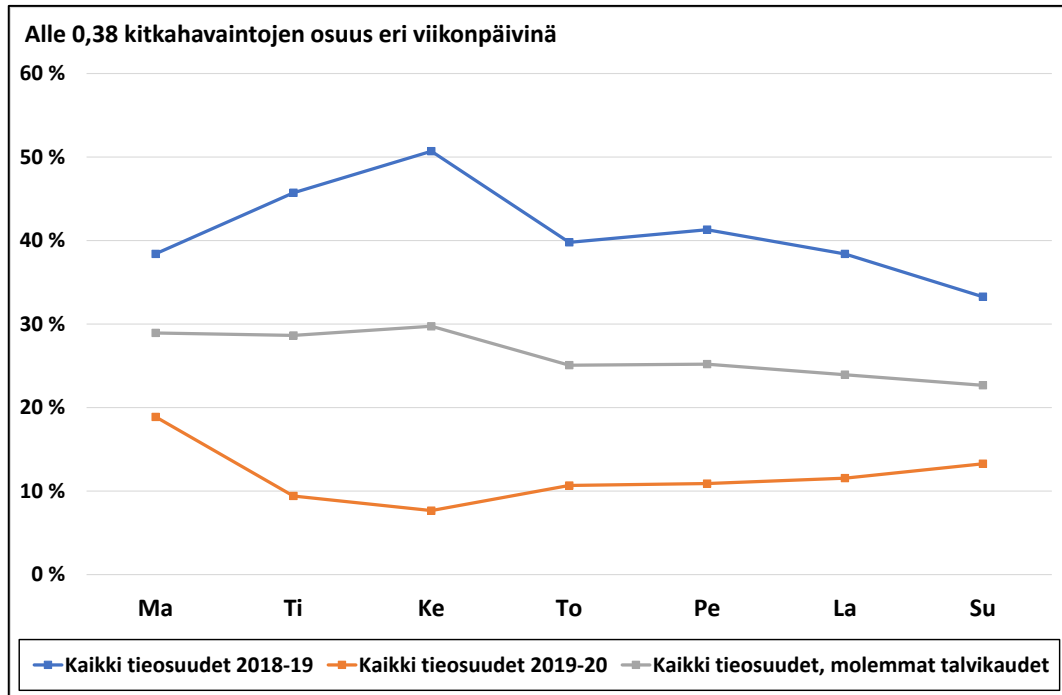
Kuva 6. Kevätkauden (maalis-huhtikuu) kelijakauman vertailu eri tie-osuuksilla (vt 4). Päiväkohtaisten kitkajakaumien keskiarvo. Matlatkaan kitkatasot eivät välttämättä ole laadunalituksia.

3.2 Kitka eri viikonpäivinä ja kellonaikoina

Runsas mittausaineisto tarjoaa mahdollisuuden tarkastella kitkatasoja eri viikonpäivinä ja vuorokaudenaikoina. Tässäkin paras aineisto on tammi-helmikuulta, koska kyseinen aika on keskeisintä talvea ja lisäksi kyse on kuukausista, joiden osalta hoitoluokitus on yhteneväinen kumpanakin talvena.

Viikonpäivien osalta haasteena on se, että kahteen kuukauteen mahtuu tietty viikonpäivä vain noin 9 kertaa. Tällöin yhteen tiettyyn päivään osunut myräkkä vaikuttaa todella paljon tulokseen. Suuren satunnaisvaihtelun vuoksi tuloksia ei esitetä osuiksittain.

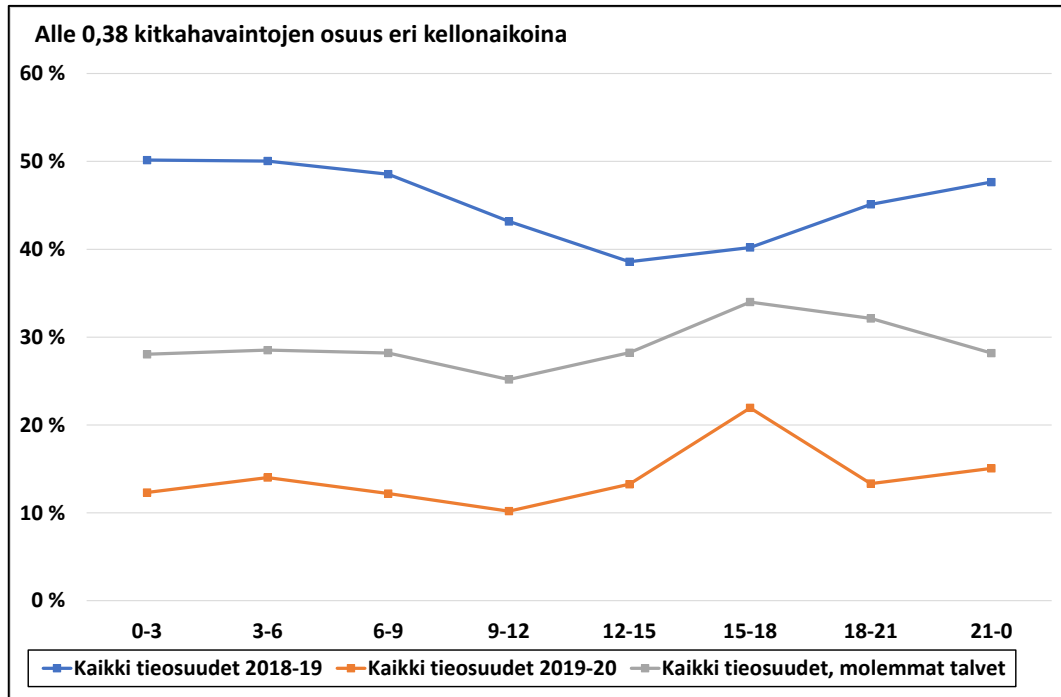
Kuvassa 7 on esitetty yhteenveto osuuskohtaisista tarkasteluista. Kaudella 2018-19 liukkaudesta vaikuttaisi arkipäivinä olevan viikonloppuja yleisempää. Kauden 2019-20 tulokset ovat lähes päinvastaisia.



Kuva 7. Alle 0,38 olevien kitkahavaintojen osuus eri viikonpäivinä tammi-helmikuussa talvikausina 2018-19 ja 2019-20. Lisäksi kuvassa on tarkasteltu tilannetta, jossa kausien aineistot on yhdistetty ("molemmat talvikaudet"). Aineisto perustuu osuuskohtaisiin vuorokauden keskiarvoihin. Matalatkaan kitkatasot eivät välttämättä ole laadunallisuksia.

Kun tarkastelevana on kitka eri kellonaikoina tammi-helmikuussa, aineiston luotettavuus paranee, sillä arvion pohjalla on kaikkien 59-60 päivän data. Kellonaikoja ei kuitenkaan kannata tarkastella aivan tunnin tarkkuudella, sillä anturit ovat säännönmukaisessa reittiliikenteessä, joten jokaisella tieosuudella on selkeitä tunteja, jolloin osuutta ei mitata milloinkaan. Sen sijaan 3 tunnin tarkkuus sopii hyvin kaikille tieosuuksille. Liitteessä 2 on tarkasteltu liukkaimpien kielten esiintyvyyttä eri tieosuuksilla ja eri talvikausina kolmen tunnin jaksoina.

Jonkinlaisena perusoletuksena voidaan pitää sitä, että liukkaus olisi hieman tyyppillisempää yöaikaan, jolloin liikenne on vähäisempää ja esim. nastarenkaat eivät karhenna ja kuluta syntyneitä jääpintoja. Lisäksi suola tehoaa huonommin vähäliikenteisempään aikaan. Kauden 2018-19 tulos noudattaa tätä oletusta lähes täydellisesti (kuva 8). Sen sijaan lämpimämpi talvi 2019-20 käyttäytyy lähes päinvastoin.



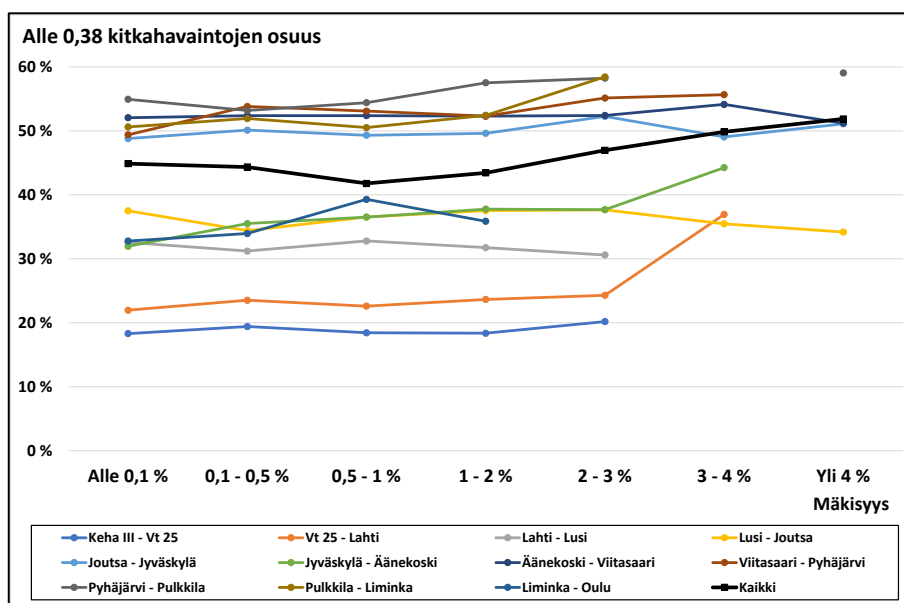
Kuva 8. Alle 0,38 olevien kitkahavaintojen osuus eri tunteina tammi-helmikuussa talvikausina 2018-19 ja 2019-20. Lisäksi kuvassa on tarkasteltu tilannetta, jossa kausien aineistot on yhdistetty ("molemmat talvikaudet"). Aineisto perustuu osuuskohtaisiin keskiarvoihin. Matalatkaan kitkatasot eivät välttämättä ole laadunalituksia.

4 Liukkaimmat tienkohdat sekä hoidon taso-erot

Järjestelmän keräämän laajan tietomäärän pohjalta oli mahdollista arvioida yksityiskohtaisemmin eri tienkohtien liukkautta. Liitteessä 3 on tarkasteltu alle 0,38 tasoisten kitkahavaintojen osuutta kaikista kitkahavainnoista noin 150 metrin pituisilla tieosuuksilla koko Helsinki-Oulu välillä. Tarkastelu kattaa tammi-helmikuun molempina talvikausina. Kyseinen fysikaalisen kitkaskaalan 0,38 vastaa suunnilleen lukemaa 0,30 Väyläviraston skaalalla. Tämä on sama kuin Ise ja Is-luokkien kitkavaatimus. Toimenpideaikana ja alle -6°C lämpötilassa kitka voi olla tätä alhaisempikin. Tämän vuoksi liitteessä 3 on tarkasteltu myös erikseen niitä havaintoja, joissa anturin ilmaisema pintalämpötila on ollut yli -6°C.

Lisäksi analyysieihin on vielä lisätty "mäkisyyys" Väyläviraston tierekisteristä. Analyysien mäkisyyys pohjautuu tiestömittauksiin, missä on ensin mitattu tien peräkkäisten laaksonpohjien ja mäenhuippujen korkeustiedot. Tämän jälkeen näiden laaksonpohjien ja mäenhuippujen välille on laskettu kaltevuudet, jotka on raportissa ilmaistu prosentteina. Yhden prosentin kaltevuus tarkoittaa yhden metrin nousua tai laskua 100 metrin matkalla.

Kuvassa 9 on tarkasteltu talvikauden 2018-19 tammi-helmikuun osalta alle 0,38 kitkahavaintojen osuutta eri osuuksilla. Lisäksi musta paksumpi viiva kuvaa aineistoa, mihin kaikki osuudet on otettu. Vaikuttaisi, että liukkaus on tyypillisempää, kun tien kaltevuus ylittää 2 %. Kuvan tulkintaa kuitenkin vaikuttaa se tosi-seikka, että mäkisyyttä on enemmän vähäliikenteisemmällä pohjoisemmilla osuuksilla, joilla liukkaus on muutenkin yleisempää. Moottoritiet, joilla on parempi kitkataso, ovat yleisestikin vähemmän mäkisiä. Kuvassa 9 nähdään, että alle 0,38 kitkahavaintojen osuus kasvaa erityisesti osuuksilla Vt -25 – Lahti sekä Jyväskylä – Äänekoski, kun kaltevuus on 3 - 4 %. Tällaista tietä on kuitenkin vt 25 – Lahti osuudella tierekisterin mukaan vain muutama sata metriä, Jyväskylä – Äänekoski osuudella noin pari kilometriä.

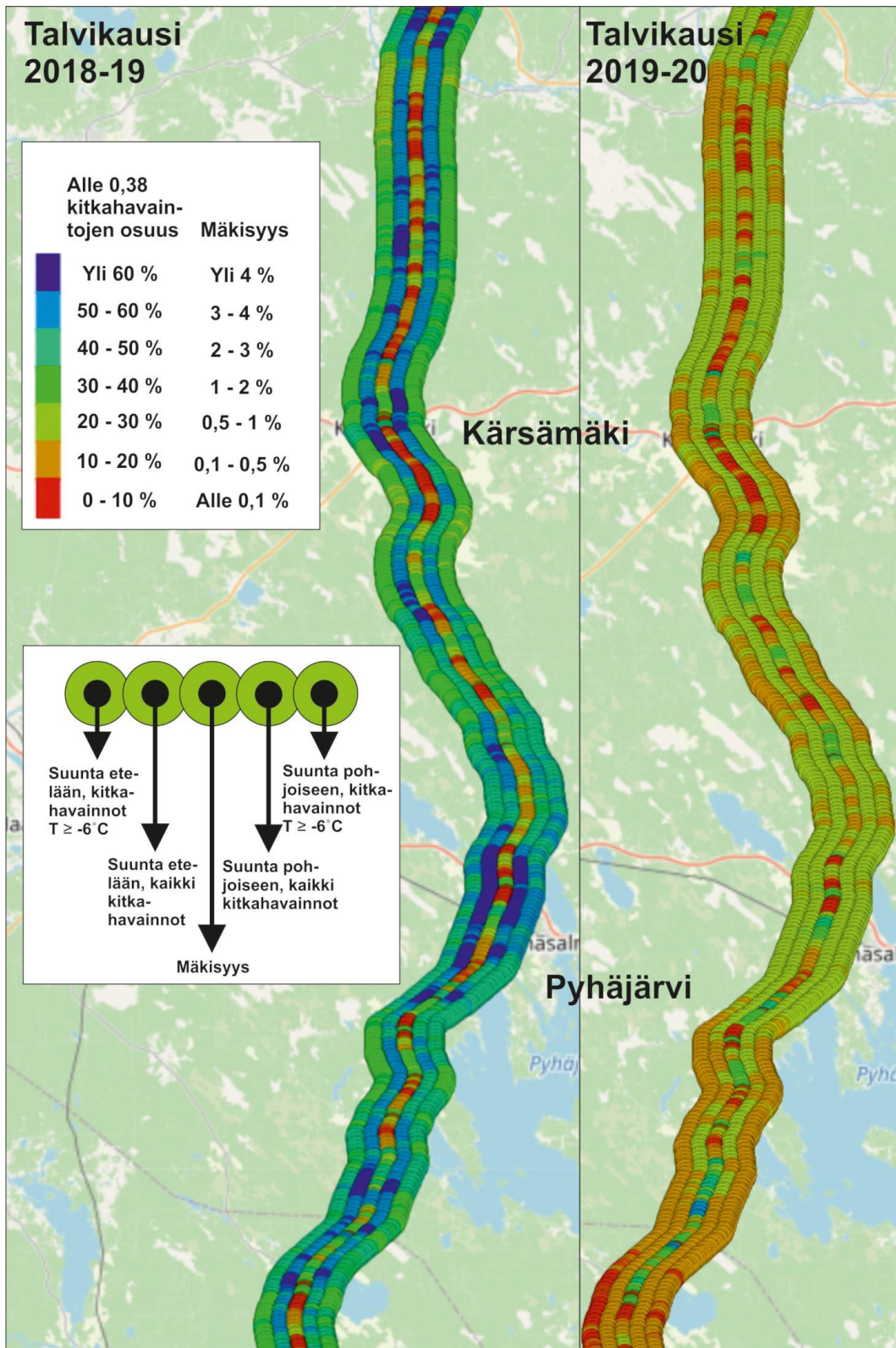


Kuva 9. Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus eri mäkisyyksillä ja eri osuuksilla tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19

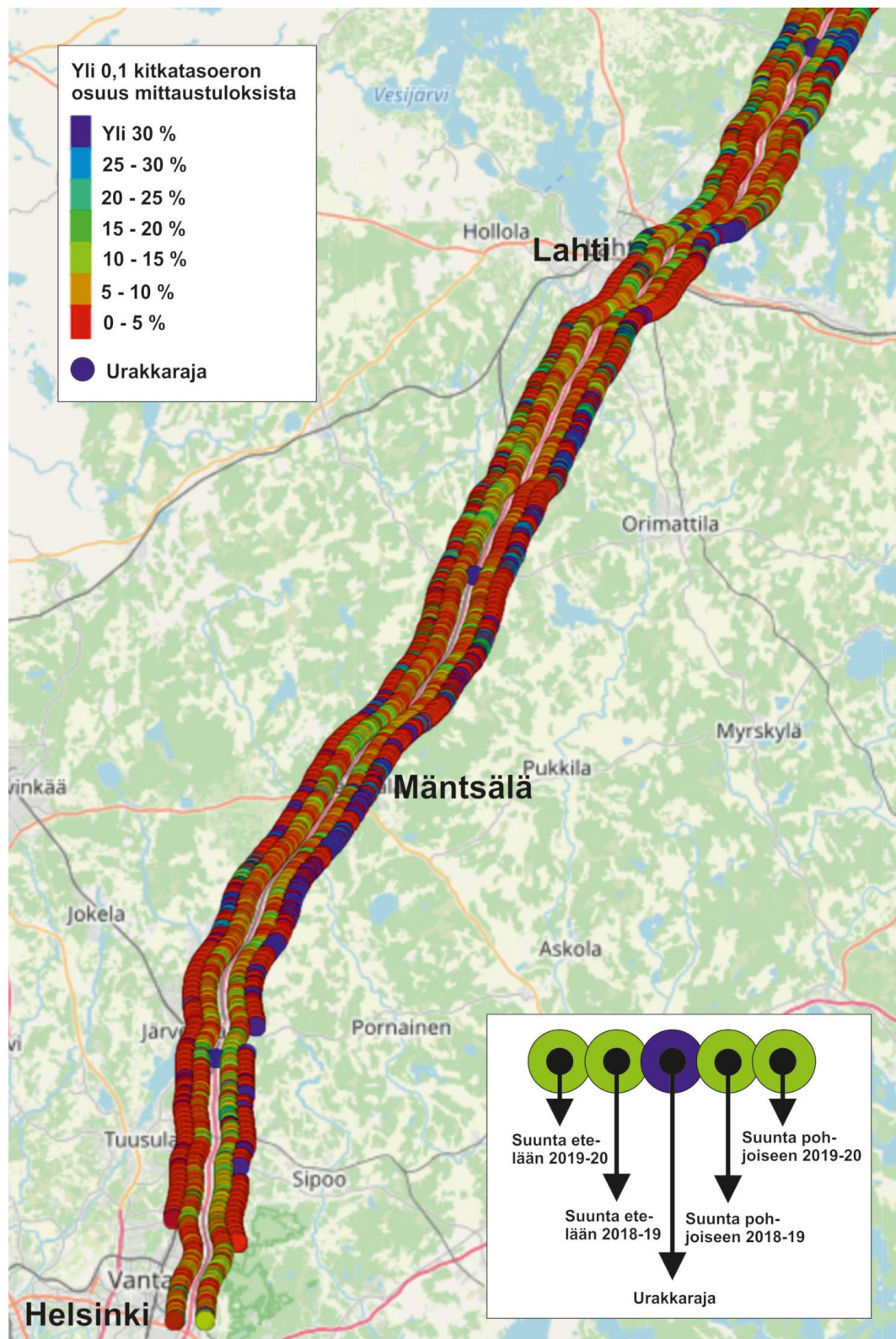
Liukkaita tienkohtia vaikuttaa löytyvän eniten Viitasaaren-Pulkkilan välillä talvella 2018-19. Alle 0,38 havaintojen osuus vähenee, kun tarkastellaan yli -6°C lämpötiloja, mutta niitä on edelleen eniten samalla alueella. Talvi 2019-20 oli lämpimämpi, mutta myöskin liukkain harvemmin liikennöidyllä Viitasaaren-Pulkkilan alueella. Kuvaan 10 on liitteestä nostettu vielä vertailu Pyhäjärven ja Kärsämäen alueelta.

Liitteessä 4 on tarkasteltu kitkan tasoeroja. Analyysissä on pyritty selvittämään, esiintyykö kitkan tasoeroja normaalia useammin esim. hoitourakoiden rajoilla. Kitkan tasoerojen analysointiin ei ole yhtä oikeata tapaa. Tässä on kokeiltu menetelmää, missä on verrattu tienkohdan kitkatasoa n. 300 metriä aiemmin vallinneeseen kitkatasoon. Tuloksissa on kerrottu, mikä on niiden vertailuparien osuus, joissa kitkan tasoero on ollut vähintään 0,1. Vertailupareiksi on hyväksytty vain sellaiset parit, joissa vähintään toinen kitkalukema on ollut alle 0,38. Esimerkiksi tasoero lukemien 0,6 ja 0,7 välillä ei ole liikenneturvallisuuden kannalta kovin merkittävä ja sen vuoksi nämä tapaukset on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Valittu tasoerojen analysointimenetelmä ei näytä osoittavan, että hoitourakoiden rajoilla olisi tasoeroja normaalia enemmän. Kuvaan 11 on nostettu liitteestä 4 Helsingin ja Lahden välinen osuus, missä näkyy kolme urakkarajaa. On kuitenkin huomattava, että talvikaudella 2019-20 oli etelässä niin lämmintä, että aineiston vertailuparien määrä jäi todella alhaiseksi (pareja, missä toinen havainto olisi alle 0,38, oli todella vähän). Tämän seurauksena satunnaisvaihtelu on suurta.



Kuva 10. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikausina 2018-19 ja 2019-20 osuudella Pyhäjärvi-Kärsämäki. Matalatkaan kitkatasot eivät välttämättä ole laadunalituksia.



Kuva 11. Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa 2018-19 ja 2019-20. Helsinki-Lahti.

5 Järjestelmän toiminta

Tässä tutkimuksessa käytetty järjestelmä toimi kohtuullisesti. Järjestelmän haavoittuvin osa oli matkapuhelin, joka vastaanotti anturilta tulevan tiedon ja lähetti tiedon eteenpäin Teconerin palvelimelle. Puhelimen etuna oli se, että se otti kuvia maantiestä, mutta haittana oli se, ettei puhelinta ole suunniteltu toimimaan pitkiä aikoja autonomisesti ilman käyttäjän valvontaa. Osa kuljettajista oli sellaisia, jotka omatoimisesti valvoivat järjestelmää ja käynnistivät tarpeen mukaan puhelimia. Ilmeisesti suurin osa kuljettajista oli kuitenkin sellaisia, jotka eivät kiireen keskellä ehtineet kitkapuhelinta valvoa. Ensimmäisellä talvikaudella ongelmia oli myös bluetooth-yksikön kanssa, mutta näitä ongelmia saatiin merkittävästi kitkettyä toisella talvikaudella.

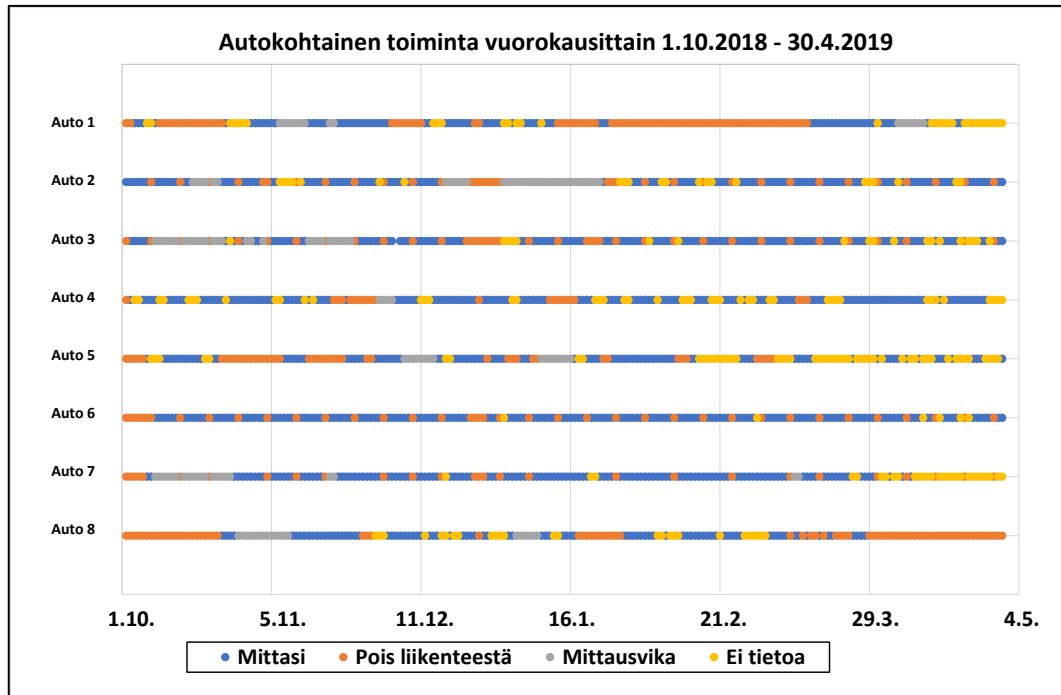
Projektin vetäjän vastuulle jäi pitkälti sen varmistaminen, että järjestelmä on toiminnassa. Järjestelmän kannalta ongelmana oli, että järjestelmä saattoi olla mykkä kahdesta eri syystä: a) ajoneuvo oli paikallaan (huollossa tai poissa liikenteestä tai b) järjestelmä oli epäkunnossa. Tämän vuoksi projektin vetäjä joutui olemaan säännöllisesti yhteydessä liikennöitsijöihin: he tiesivät, oliko auto huollossa vai liikenteessä. Taulukossa 5 on kuvattu karkeasti tätä yhteydenpitoa liikennöitsijöihin. Huoltokäynneillä tarkoitetaan tässä niitä tilanteita, jolloin järjestelmän käynnistys on vaatinut käyntiä ajoneuvon luona. Huoltokäynneistä noin 80 - 90 % oli sellaisia, missä pelkkä puhelimen käynnistys riitti ratkaisuksi.

Taulukko 5. Järjestelmän vaatima yhteydenpito liikennöitsijöihin sekä huoltokäyntien määrä

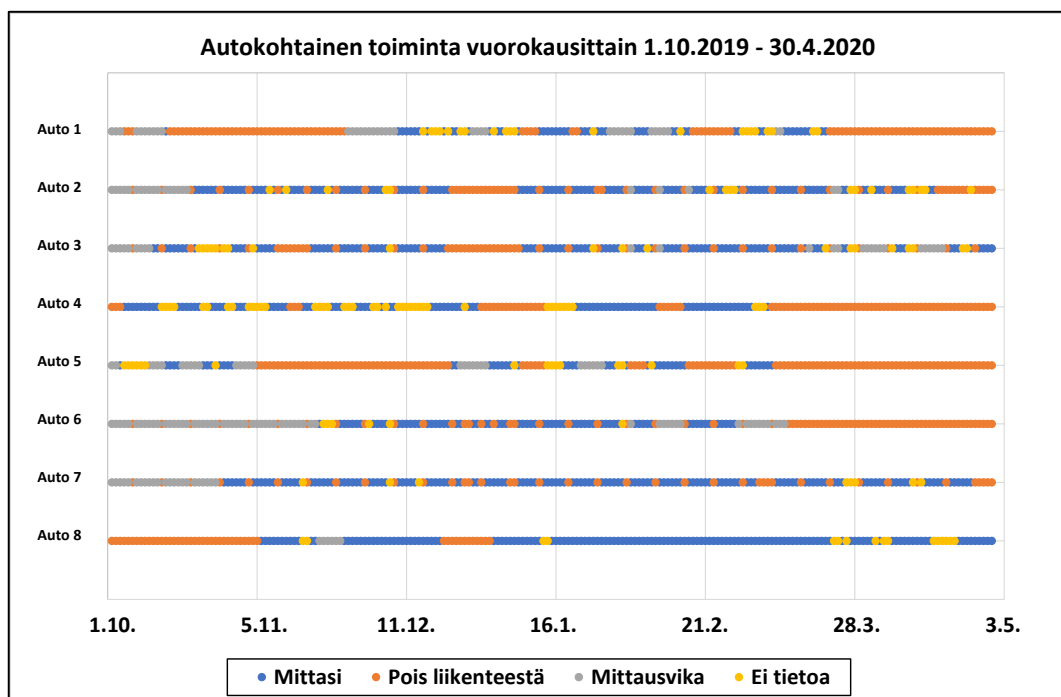
	2018-19	2019-20
Lähetettyjä sähköposteja	30	35
Lähetettyjä tekstiviestejä	3	15
Soittoja	7	25
Huoltokäyntejä	12	22
Yhteensä toimenpiteitä:	52	97

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty anturien toimintaa kronologisesti 1.10.-30.4. Tästä voidaan tehdä seuraavia huomioita:

- Kauden 2018-19 alussa tuli hieman viivästystä asennuksen suhteen, kaikki asennukset eivät olleet valmiina heti 1.10.
- Kauden 2019-20 alussa oli mittauspuutteita kahdesta eri syystä: a) kahdella eri autolla oli pitkä huoltotauko, toisella kolarin ja toisella moottorin vaihdon takia b) muutaman auton osalta oli vaikeuksia mittausjärjestelmän käynnistämisen suhteen
- merkittävä osa ajoneuvoista piti joulun pyhien aikana taukoa (kumpanakin vuotena)
- Kauden 2018-19 lopussa yksi auto siirtyi pois vt 4 liikenteestä ja toisella oli pitkä huolto
- Kauden 2019-20 lopussa oli paljon puutteita mittausdatassa: muutama auto lopetti maaliskuussa kokonaan liikennöinnin vähentyneiden matkustajamäärien vuoksi (koronaepidemia). Lisäksi huhtikuussa oli kalustopäivityksiä, eikä uusiin asennuksiin enää vaivauduttu aivan kauden lopussa.



Kuva 12. Järjestelmän toiminta kaudella 2018-19. "Mittasi" tarkoittaa, että ko päivänä ajoneuvo mittasi vähintään yhden tieosuuden.

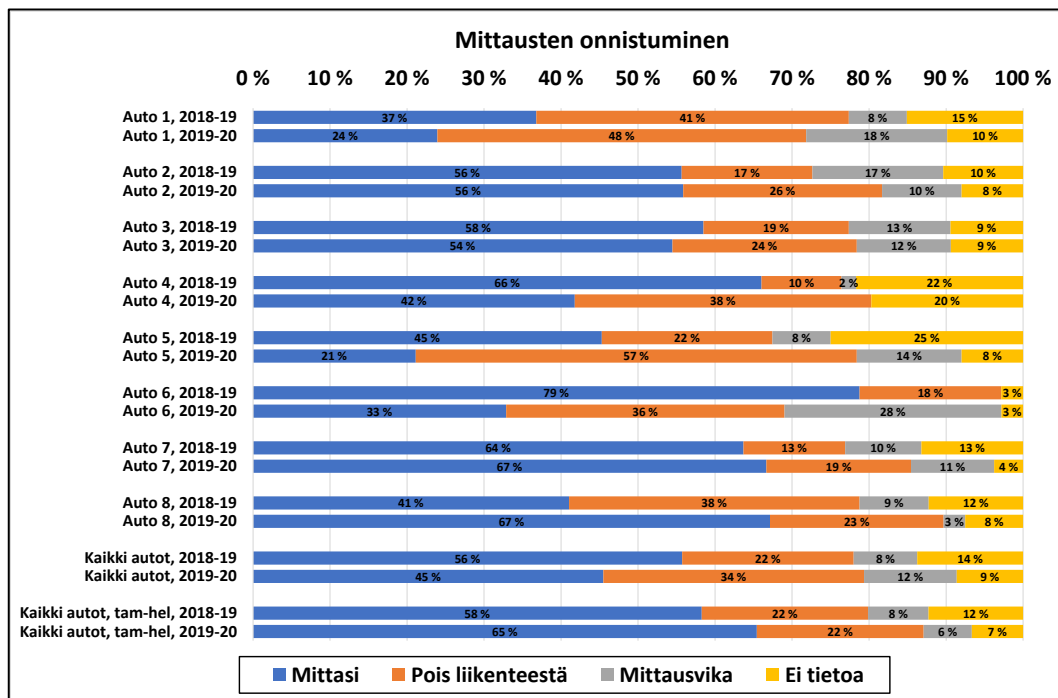


Kuva 13. Järjestelmän toiminta kaudella 2019-20. "Mittasi" tarkoittaa, että ko päivänä ajoneuvo mittasi vähintään yhden tieosuuden.

Kuvassa 14 on vielä yhteenveto mittausten onnistumisesta. 100 % onnistuminen (kaikki autot mittaavat kauden jokaisena päivänä) ei ole edes teoriassa mahdollista, sillä yksikään auto ei liikkunut viikon jokaisena päivänä. Todennäköisesti pelkästään aikataulun mukainen maksimi olisi noin 80-85 % (jos välttyttäisiin kokonaan ylimääräisiltä huolloilta).

Koska kummankin kauden suurimmat mittaushaasteet liittyivät kauden alkuun ja loppuun, keskitalvella (tammi-helmikuussa) päästiin tyydyttävään mittaustasoon.

"Ei tietoa" – tilanteet edustavat päiviä, jolloin ei tullut mittausdataa valtatieltä 4, mutta liikennöitsijältä ei myöskään saatu tietoa ajoneuvon liikkeistä. Osa näistä on niin lyhyitä 1-2 päivän mittauskatkoja, että liikennöitsijää ei viitsitty vaivata tarpeettomasti. Näihin myös kuuluu tilanteita, joissa ajoneuvo on ollut liikenteessä, mutta on jostain syystä liikkunut muualla kuin vt 4:llä. Näitä tilanteita olisi mahdollista jälkeinpäin selvittää datasta, mutta se ei kuitenkaan ole mielekästä työmäärään nähden.



Kuva 14. *Mittausten onnistuminen autokohtaisesti sekä kaikkien autojen osalta. 100 % onnistuminen (kaikki autot mittaavat kauden jokaisena päivänä) ei ole edes teoriassa mahdollista, sillä yksikään auto ei liikkunut viikon jokaisena päivänä.*

Kahdeksalla ajoneuvolla saatu datamäärä oli mittava. Puhdistettu data (datasta poistettiin vt 4:n ulkopuoliset ajot) oli talvikaudella 2018-19 yhteensä noin 470 000 km ja talvikaudella 2019-20 noin 420 000 km.

6 Järjestelmän laajentamisen edellytykset

On ilmeistä, että eri toimijoilla olisi tarvetta jatkuvalle ja luotettavalle mobiilille kelinseurannalle. Järjestelmän laajentamisen keskeisimpiä edellytyksiä ovat huoltovapaus ja mahdollisimman alhaiset yksikkökustannukset. Nyt testatun järjestelmän huoltovapaus ei ollut riittävä järjestelmän laajentamiseen.

Eniten ongelmia aiheutti se, että dataa lähettävä puhelin ei pysynyt aina päällä. Mittaus onnistui hieman paremmin niissä ajoneuvoissa, joissa oli vähemmän kuljettajia, jotka siten oppivat nopeammin katsomaan puhelinten perään. Kun kuljettajat vaihtuivat useammin, puhelinten käynnistäminen ei muodostunut aivan yhtä saumattomaksi rutiiniksi.

Mikäli testattua järjestelmää halutaan laajentaa, kannattaa tutkia tarkemmin puhelimen korvaamista teknisesti vakaammalla "blackbox"-tyyppisellä ratkaisulla. Puhelimiin päädyttiin alun perin siitä syystä, että a) puhelimilla voitiin ottaa valokuvia ja koska b) järjestelmän kehittäjä katsoi, että puhelimen korvaavien järjestelmienkin kanssa on ollut vaikeuksia. Virossa RCM411 käytettiin linja-autoissa aluksi puhelimilla, mutta ensimmäisen talven jälkeen siirryttiin "blackbox"-ratkaisuun. Jälkimmäiseen ratkaisuun oltiin tyytyväisempiä. Blackbox-ratkaisut eivät perinteisesti sisällä kameraa, mutta Virossa kyettiin käyttämään ajoneuvon omaa kameraa (Malmivuo 2020).

Järjestelmän kehittäjän, Taisto Haavasojan mukaan blackbox-ratkaisussa on aivan viime aikoina kehitytty merkittävästi. Ratkaisu on Haavasojan mukaan toiminut alkuvaikeuksien jälkeen hyvin JAMOKe digitalisaatioprojektissa Pohjolan liikenteen viidessä kaukoliikenteen linja-autossa. Mikäli tässä raportissa kuvattua projektia jatketaan kolmannelle talvikaudelle, blackbox-ratkaisua voisi kokeilla esim. parissa ajoneuvossa.

Järjestelmän kehittämisen kannalta myös seuraavat ominaisuutta olisivat tärkeitä (toki lisäävät yksikkökustannuksia):

- järjestelmä voisi varsinaisen mittaustapahtuman ulkopuolella lähettää itsestään statustietoja esim. parin tunnin välein. Tällöin ei jää epäselväksi johtuuko mittaamattomuus laiteviasta vai siitä, että ajoneuvo on paikallaan esim. huollossa. Haavasojan mukaan blackbox-ratkaisu antaisi mahdollisuuden kysyä laitteen statusta ja antureiden tilaa sms-viestinä.
- järjestelmään olisi hyvä saada erillinen anturi, joka kertoisi linssin likaisuudesta. Nyt tutkimuksessa linssit puhdistettiin keskimäärin kaksi kertaa talvikaudessa. Erot linssin likaisuuden suhteen olivat kuitenkin varsin suuria. Jossain autossa linssi oli vielä kirkas muutaman kuukauden käytön jälkeen, mutta toisessa selvästi likaisempi. Haavasojan mukaan anturin lähettämään viestiin kuuluu likaisuudesta kertova erillinen mittaustulos. Sen tulkinta vaatii vertailua aikaisempaan historiaan, mitä ei ole toteutettu automaattisena vaan vaatii käyttäjän arviointia.
- edelleen voisi miettiä, tulisiko järjestelmän herkemmin reagoida epäjohdonmukaisiin tuloksiin. Järjestelmä voisi ilmoittaa tarkastustarpeesta, jos kuivalla lämpimällä ilmalla syntyy yllättävän alhaisia kitkalukemia tai jos yksi anturi mittaa poikkeavia tuloksia verrattuna muihin samaan aikaan samaa tietä mitanneisiin antureihin. Haavasojan mukaan tämä voidaan toteuttaa helpoiten palvelintasolla. Toistaiseksi järjestelmän ylläpitäjä on toteuttanut seurannan manuaalisesti.

Vaikka kaikki edellä kuvatut kehitysaskeleet pystyttäisiin toteuttamaan, täydelliseen autonomiaan ei siltikään päästä. Linseistä on vaikea tehdä itsensä puhdistavia. Tutkimuksessa tapahtui myös yksi suojaputken tukkeutuminen lumesta. Lumen poisto lienee käsityötä. Lisäksi on syytä muistaa, että yhden laiteasennuksen elinikä ammattiliikenteessä on tyypillisesti noin 3-7 vuotta. Tämän jälkeen kalusto uusitaan.

Järjestelmää laajentaessa olisi todennäköisesti merkittävä etu, että mittausreiteillä olisi kääntopiste melko suppean maantieteellisen alueen sisällä. Tällöin huoltavan henkilön ei tarvitsisi liikkua ympäri Suomea. Tämän tutkimuksen tapauksessa linja-autot pitivät Helsingin Kampin terminaalissa reilun tunnin tauon, jolloin niihin lastattiin Matkahuollon yms. paketteja. Tämä oli erinomainen tilaisuus mittausjärjestelmän huollolle. Kuorma-autot taas lastattiin usein Vantaalla sijaitsevassa terminaalissa, missä myös mittauslaittehuoltoja päästiin tekemään. Mikäli puhelin pystyttäisiin korvaamaan luotettavammalla laitteella ja mikäli mittausreittien kääntopisteet olisivat melko rajatulla maantieteellisellä alueella, yksi henkilö saattaisi pystyä kokopäivätyönään todennäköisesti ylläpitämään useamman sadan mittauslaitteen järjestelmää.

Yhteistyö tutkimukseen osallistuneiden kuljetusyritysten kanssa sujui hyvin, vaikka yrityksen edustajia jouduttiin nyt vaivaamaan tutkimuksen vuoksi ennakoitua enemmän. Yritysten johto vaikuttaa ymmärtävän, että mittaukset edustavat tekniikkaa, joka saattaisi olla heille joskus pieni osa liiketoimintaa. Samalla kuitenkin vaikutti siltä, etteivät yritykset ja kuljettajat hektisen työpäivän keskellä ehtineet itse kovin paljoa mittaustietoa hyödyntää. Tämän kokemuksen perusteella vaikutti, ettei yrityksiä välttämättä saada jatkossa mukaan pelkästään sillä perusteella, että he saisivat myös kitka- ja kelitietoa omaan käyttöönsä.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Maanteiden pääverkon osalta on jo pitkään ollut tarvetta parempaan palvelutason seurantaan. Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena testata tehostettua mobiilia kitkanmittausjärjestelmää valtatiellä 4 Helsingin ja Oulun välillä. Tavoitteena oli sekä testata järjestelmän toimivuutta, että analysoida kerättyä mittaustietoa. Tavoitteena oli tuottaa mittaustiedon avulla mahdollisimman kattava kuva vt 4 talviolosuhteista.

Syksyllä 2018 asennettiin yhteensä 8 kpl optisia kitka- ja keliantureita RCM411 neljään Vähälä Oy:n kuorma-autoon ja neljään Koiviston Auto Oy:n linja-autoon. Syksyllä 2019 yksi antureista siirrettiin V. Alamäen linja-autoon, sillä yksi Koiviston Auton linja-autoista siirtyi muille linjoille.

Jokainen anturijärjestelmä koostui varsinaisesta anturista suojaputkineen, bluetooth-yksiköstä sekä ajoneuvossa olevasta kännykästä, joka vastaanotti anturin datan sekä lähetti datan eteenpäin Teconer Oy:n palvelimelle. Tuloksia saattoi seurata karttapohjalla verkon kautta. Lisäksi kännykkä otti tiestä tasaisin välein valokuvia, joita oli myös mahdollista käyttöliittymässä seurata.

Mittaustulosten mukaan liukkautta havaittiin talvikaudella 2018-19 jonkin verran enemmän kuin oletettiin. Moottoriteiden kitkataso vaikutti selvästi paremmalta kuin yksiajorataisten, vaikka vuodenvaihteen 2018-19 jälkeen ei laatuvaatimusten puitteissa pitäisi suuria laatueroja enää olla. Jäisten kelien osuus vaikutti huomattavasti oletuksia suuremmalta, tosin vaikutti myös siltä, että mittari tulkitse sellaisiakin kelejä jäisiksi, joiden kitkatason mukaan ei jäätä olisi voinut olettaa. Talvikausi 2019-20 oli erityisesti keskitalven osalta poikkeuksellisen lämmin, joten liukkautta esiintyi kyseisenä kautena selvästi vähemmän. Moottoriteiden osalta on huomattava, että mittaustulokset tulivat pääosin oikeanpuoleiselta kaistalta, sillä bussit ja kuorma-autot ovat moottoriteliikenteessä hitaampia osapuolia.

Eniten liukkaita tienkohtia vaikutti osuvan Viitasaaren ja Pulkkilan välille. Etenkin talvella 2018-19 merkittävä osa näistä liukkaista keleistä syntyi kylmissä, alle -6°C asteen olosuhteissa. Talvihoidon laatuvaatimusten mukaan Ise ja Is-teiden laatuvaatimus on alle -6°C lämpötilassa alhaisempi, sillä suola ei näissä lämpötiloissa enää kovin hyvin tehoa.

Liukkautta vaikutti esiintyvän hieman tyypillisemmin yli 2 % mäissä. Toisaalta mäkiä oli enemmän pohjoisemman vähäliikenteisimmillä osuuksilla, missä muutenkin liukkautta todettiin useammin.

Viikonpäivien, erityisesti arjen ja viikonlopun välillä ei nähty systemaattista tilastollisesti merkittävää eroa. Sen sijaan kylmemmän keskitalven 2018-19 osalta nähtiin, että liukkautta vaikutti olevan hieman enemmän yön ja aamuyön tunteina.

Liukkauden tasoerojen tarkastelua vaikeutti se, että oikean tunnusluvun löytäminen ei ollut helppoa. Julkaistut analyysit kertovat sen, kuinka usein mittausuunnan kitkakeskiarvo eroaa yli 0,1 yksikköä tasosta, joka vallitsi noin 300m aiemmin. Mukaan otettiin vertailuparit, joissa vähintään toinen kitkakeskiarvo on ollut alle 0,38 (Liikenneviraston skaalalla 0,30). Analyyseissä hoitourakoiden

rajat näkyivät jonkin verran, mutteivat erityisen selvästi. Kokemuksesta kuitenkin tiedetään, että tasoeroja hoitourakoiden rajoilla esiintyy jonkin verran. Tällaiset yksittäistapaukset kuitenkin helposti hukkuvat tällaisessa analyysissä, jossa mittausten määrä urakkarajoilla on kohtuullisen rajallinen.

Teknisessä mielessä eniten ongelmia aiheutti se, että dataa lähettävä puhelin ei pysynyt aina päällä. Mittaus onnistui hieman paremmin niissä autoissa, joissa oli vähemmän kuljettajia. Kun kuljettajien vaihtuvuus oli suurempi, kuljettajat eivät ehtineet perehtyä järjestelmän ylläpitoon. Järjestelmän laajentaminen edellyttää, että puhelin korvattaisiin luotettavammalla järjestelmällä. Täysin huoltovapaaksi ei tämänkaltaista järjestelmää pystytä todennäköisesti tekemään. Lisäksi ammattiliikenteessä kaluston uusimistarve on melko tiheä, jolloin uudelleen asennuksia tarvitaan säännöllisesti. Mikäli puhelin pystytään korvaamaan luotettavammalla laitteella ja mikäli mittausten käänköpisteet olisivat suppeahkolla maantieteellisellä alueella, yksi henkilö voisi todennäköisesti kokopäivätyönä ylläpitää useamman sadan laitteen järjestelmää.

Kerätyn tiedon hyödyntämismahdollisuudet erilaisten analyysimahdollisuuksien kannalta olivat jopa ennakoitua laajemmat. Tiedon avulla kyettiin tavoitteen mukaisesti saamaan varsin kattava kuva valtatie 4:n kitka- ja keliolosuhteista talvikausina.

Infrap on tekemässä erillistä tutkimusta kerätyn tiedon hyödynnettävyydestä talviurakoitsijoiden, aluevastaavien ja muiden toimijoiden näkökulmasta. Sen vuoksi tämä tutkimus käsittelee ainoastaan mittausten teknistä toimivuutta ja mittaustuloksia.

Lähteet

Malmivuo, Mikko 2013: [Optisten kitka- ja lämpömittarien vertailututkimus 2013](#). Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2013. 42 s.

Malmivuo, Mikko 2020: Teede Tehnokeskuksen Taivo Möllin ja Märt Puustin haastattelu 12.2.2020

Talvikausien kitka- ja keliakaumat osuuksittain

Jäljessä olevissa analyyseissä yksi sivu kuvaa yhden osuuden (esim. Jyväskylä-Äänekoski) tuloksia. Jakaumakuvat koostuvat pylväistä, jotka pohjautuvat yhden vuorokauden mittauksen keskiarvoon. Pylväiden välissä ei ole tyhjää, joten pylväät ovat toisissaan kiinni silloin, kun peräkkäisinä päivinä on tehty mittauksia.

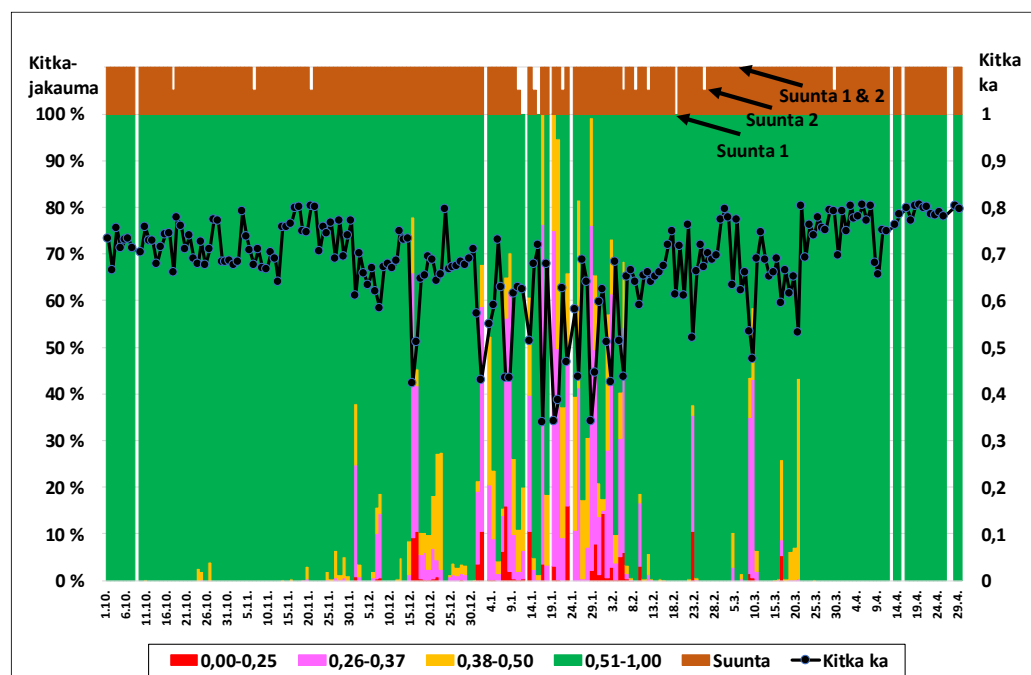
Yhdellä sivulla on aina kaksi kuvaa. Ylempi kuva on "kitkakuva", eli siinä esitetään vuorokauden tarkkuudella kitkajakauma pylväänä sekä keskiarvokitka viivana. Alempi kuva on "kelikuva", joka näyttää vuorokauden tarkkuudella kelijakauman pylväänä ja optisen lämpötila-anturin mittaaman pintalämpötilan viivana. Kitkajakauman luokat on määritelty optisen anturin RCM411 fysikaalisen kitkaskalan mukaan.

Kuvassa esiintyvät pylväiden ruskeat jatkeet kuvaavat mittausuuntaa (ks. kuva 1)

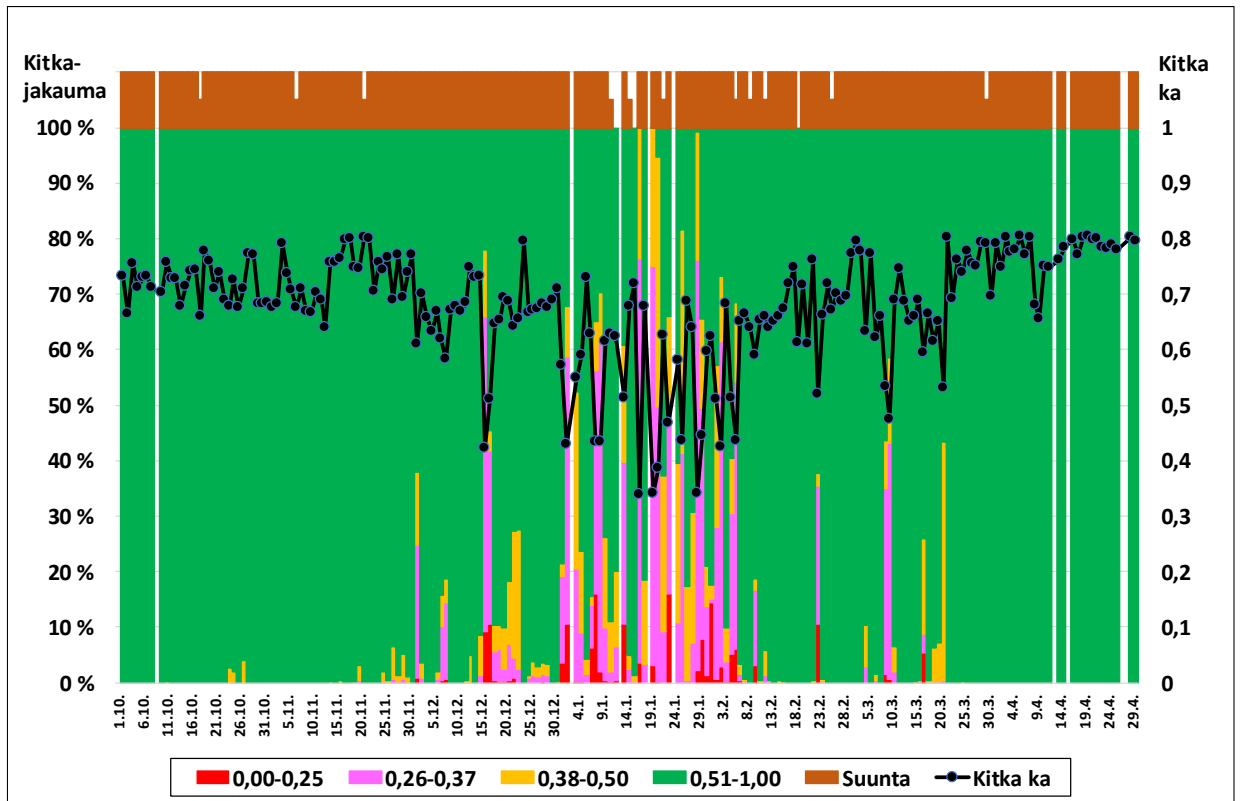
- jos ruskeata pylvään jatketta ei ole, tieosuus on mitattu ko päivänä vain mitaussyuntaan 1 eli tieosoitteen kasvusuuntaan (Ouluun päin)
- Jos ruskea pylvään jatke on puolipituinen, tieosuus on mitattu ko päivänä vain suuntaan 2 eli tieosoitteen kasvusuuntaa vastaan (Helsinkiin päin)
- Jos ruskea pylvään jatke on täysimittainen, tieosuus on mitattu ko päivänä kumpaankin suuntaan.

Vaaka-akselilla on kerrottu päivämäärä. Tietokoneella tarkasteltaessa kannattaa tämä raportti avata siten, että yksi kahden sivun aukeama täyttää näytön. Tällöin voidaan tarkastella ja vertailla yhden tieosuuden kaikkia tietoja kumpanakin talvikautena.

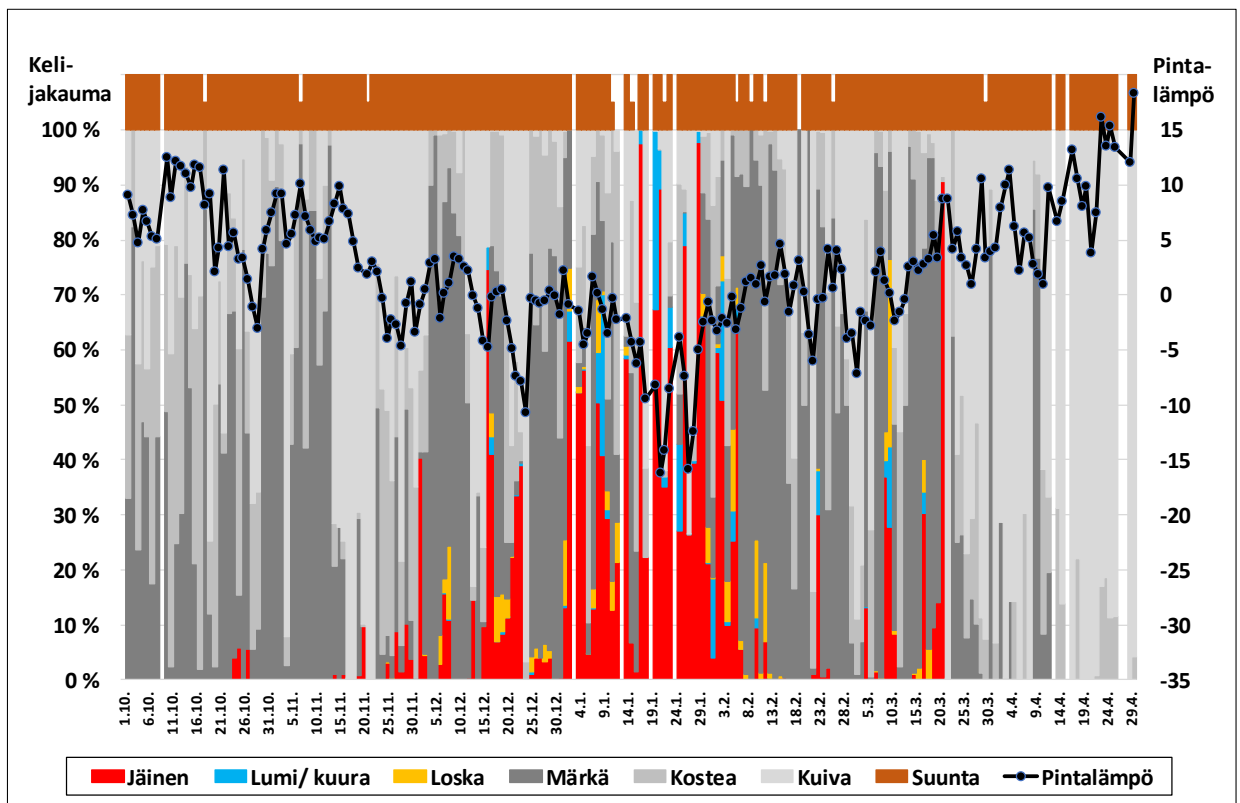
On syytä huomata, että matala kitkataso ei aina liity talvihoidon laatuvaatimusten alitukseen. Laatuvaatimukset ovat matalampia alle -6°C lämpötilassa, missä suola tehoaa huonommin. Toimenpideaikana kitka voi myös olla alhaisempi.



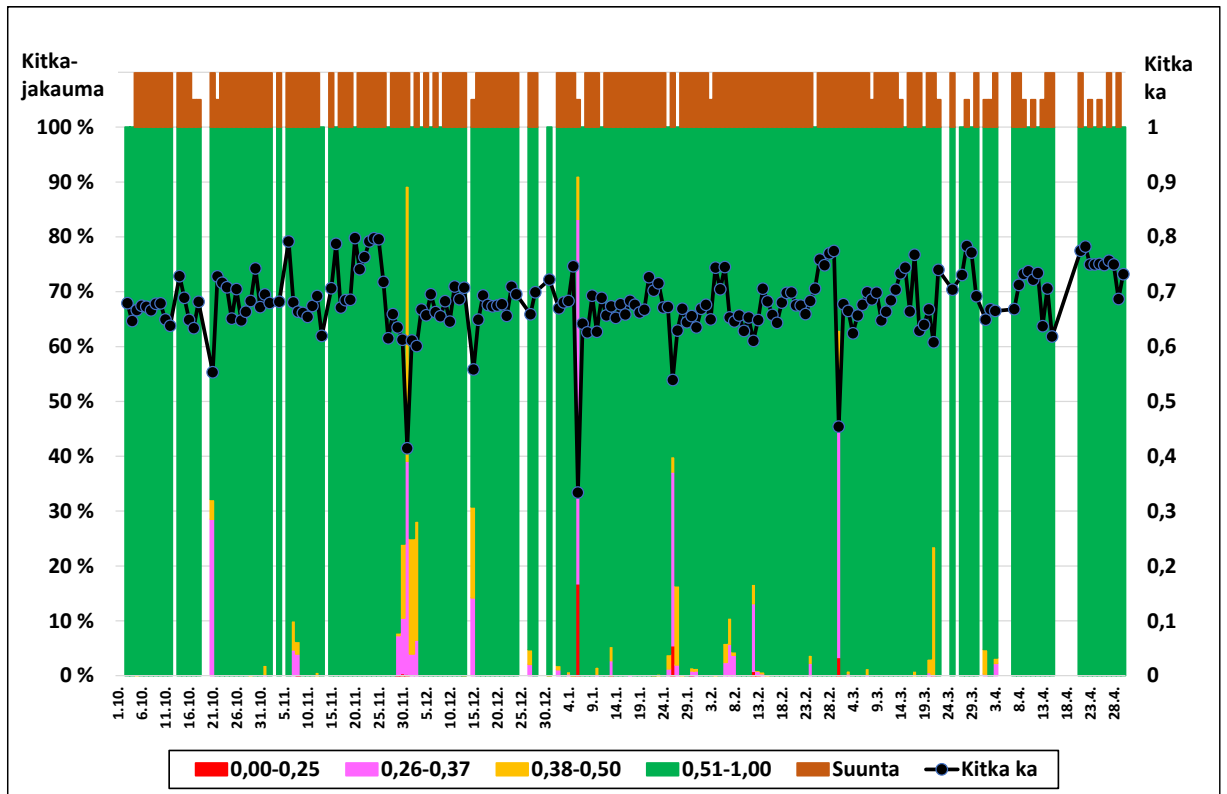
Kuva 1. Esimerkkikuva: Suuntaa indikoivan ruskean pylvään merkitys.



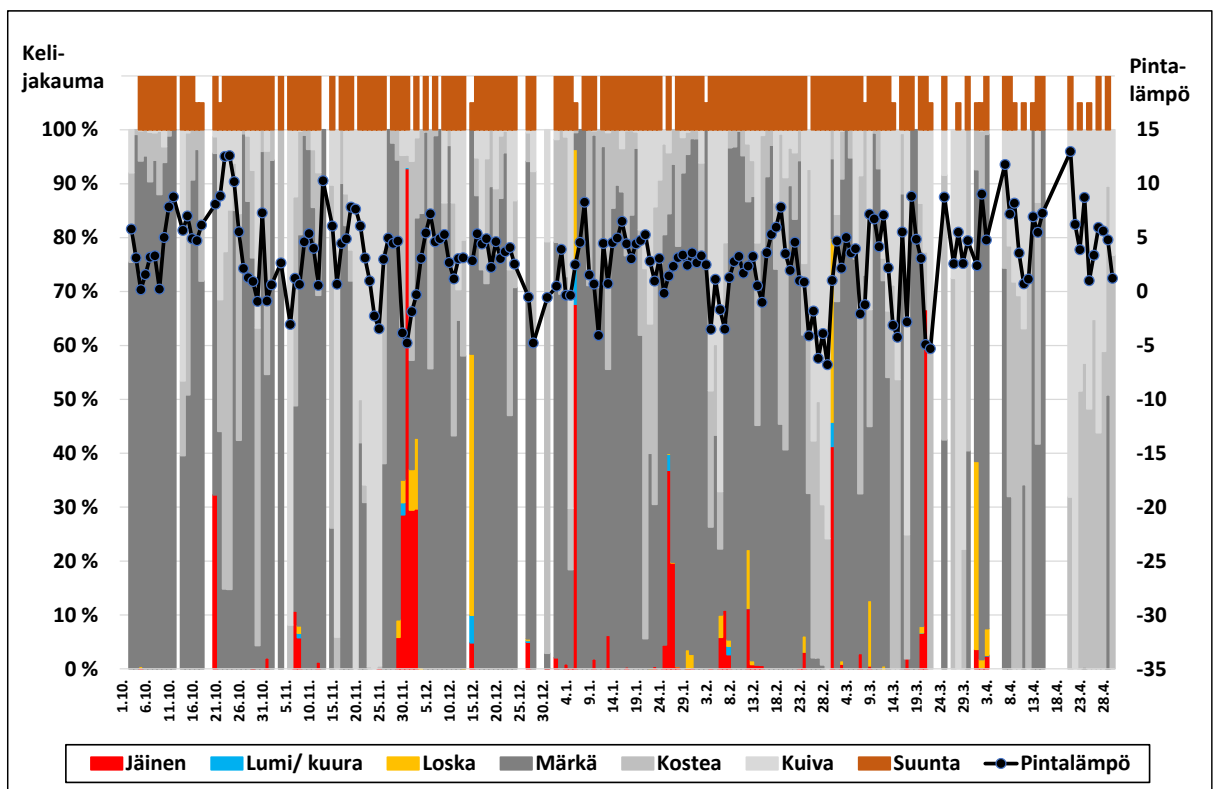
Kuva 2. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella **Kehä III – Vt 25** ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



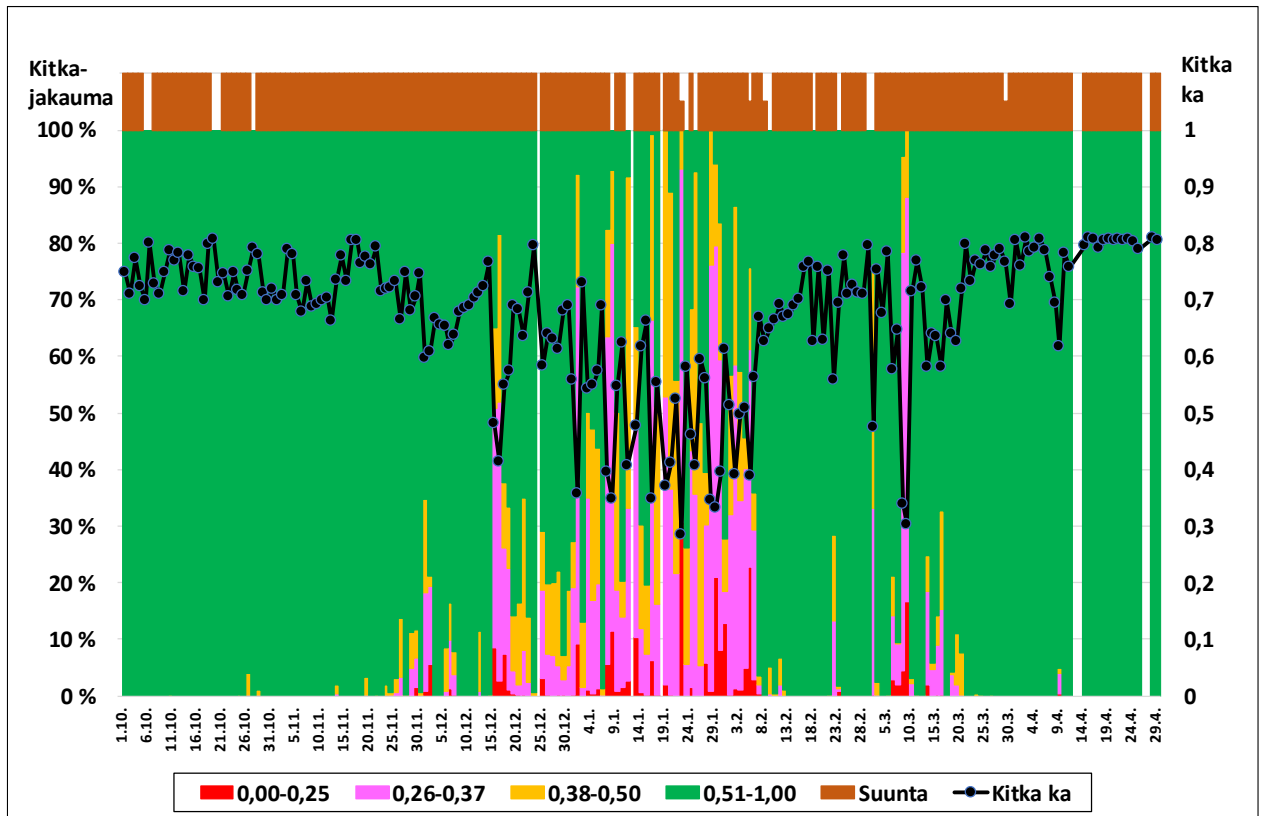
Kuva 3. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella **Kehä III – Vt 25** ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



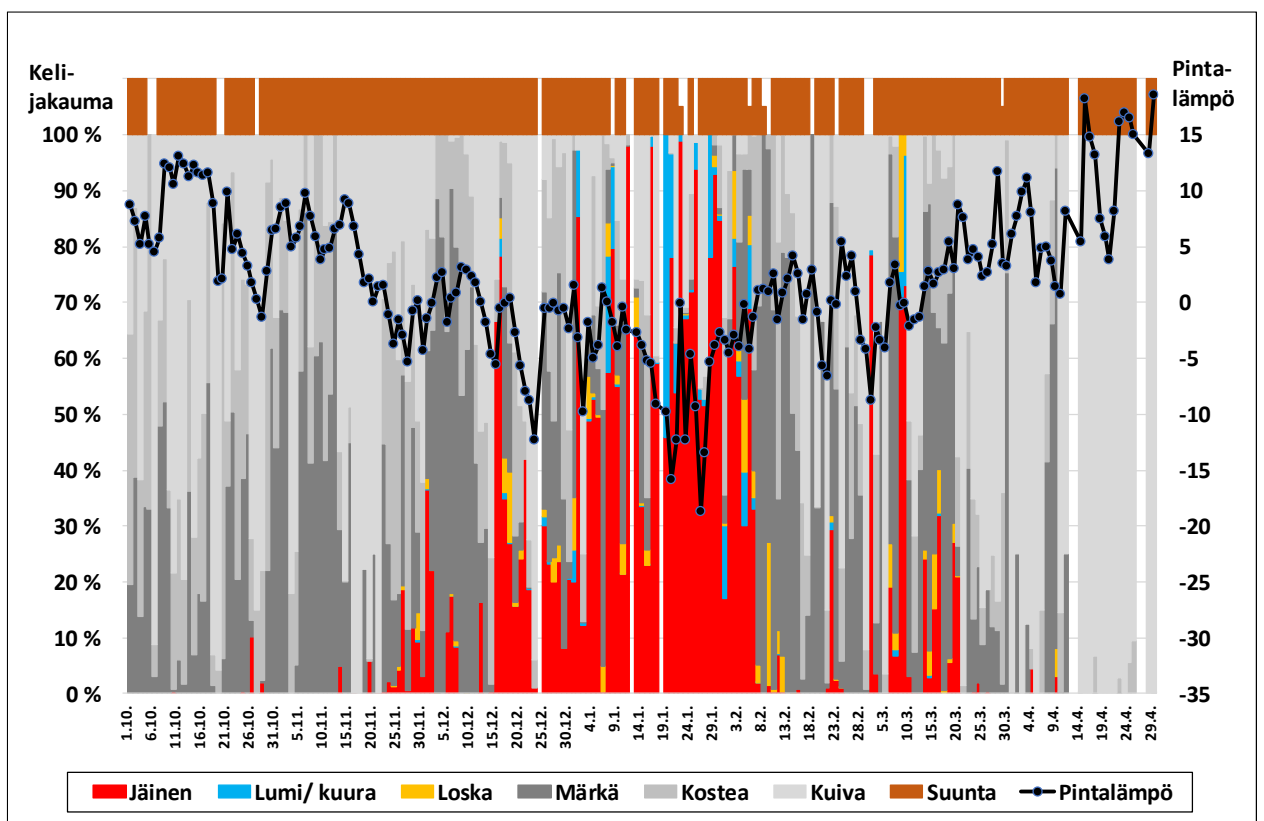
Kuva 4. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella **Kehä III – Vt 25** ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



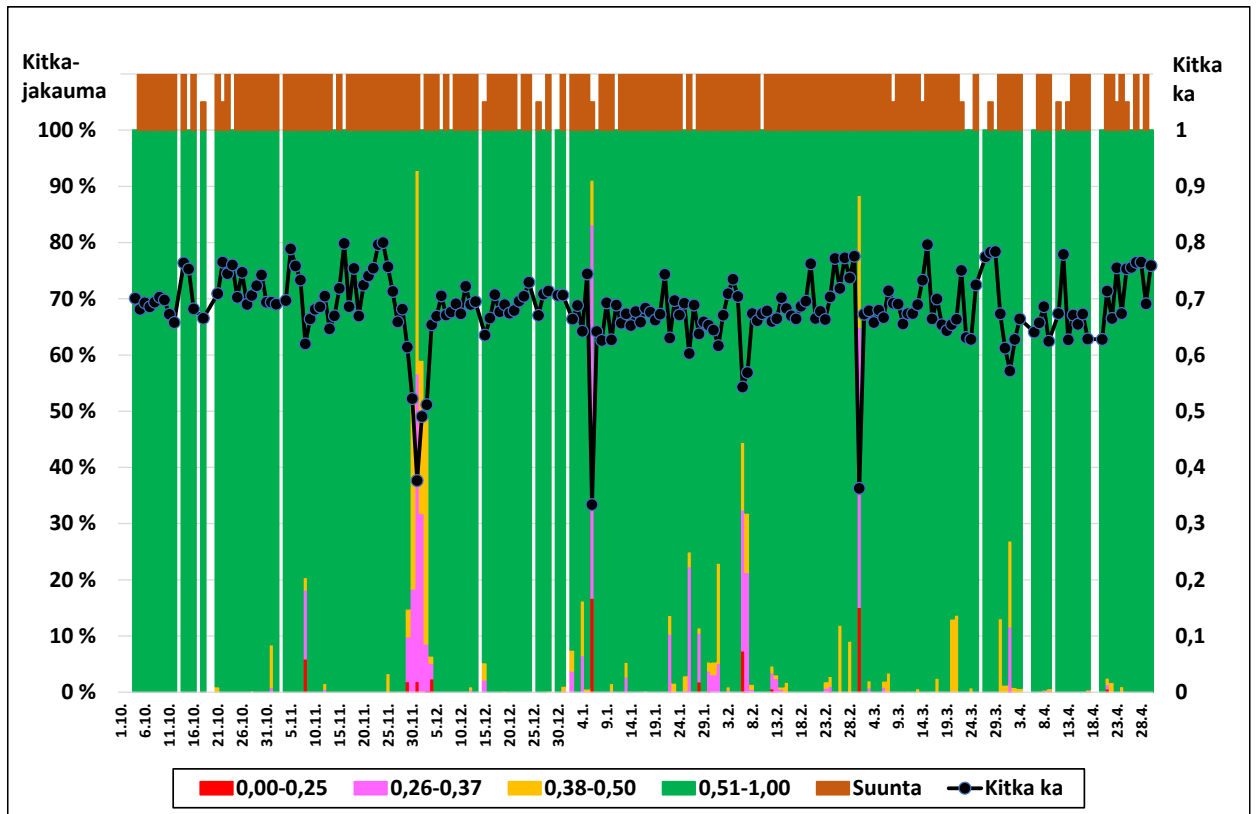
Kuva 5. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella **Kehä III – Vt 25** ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



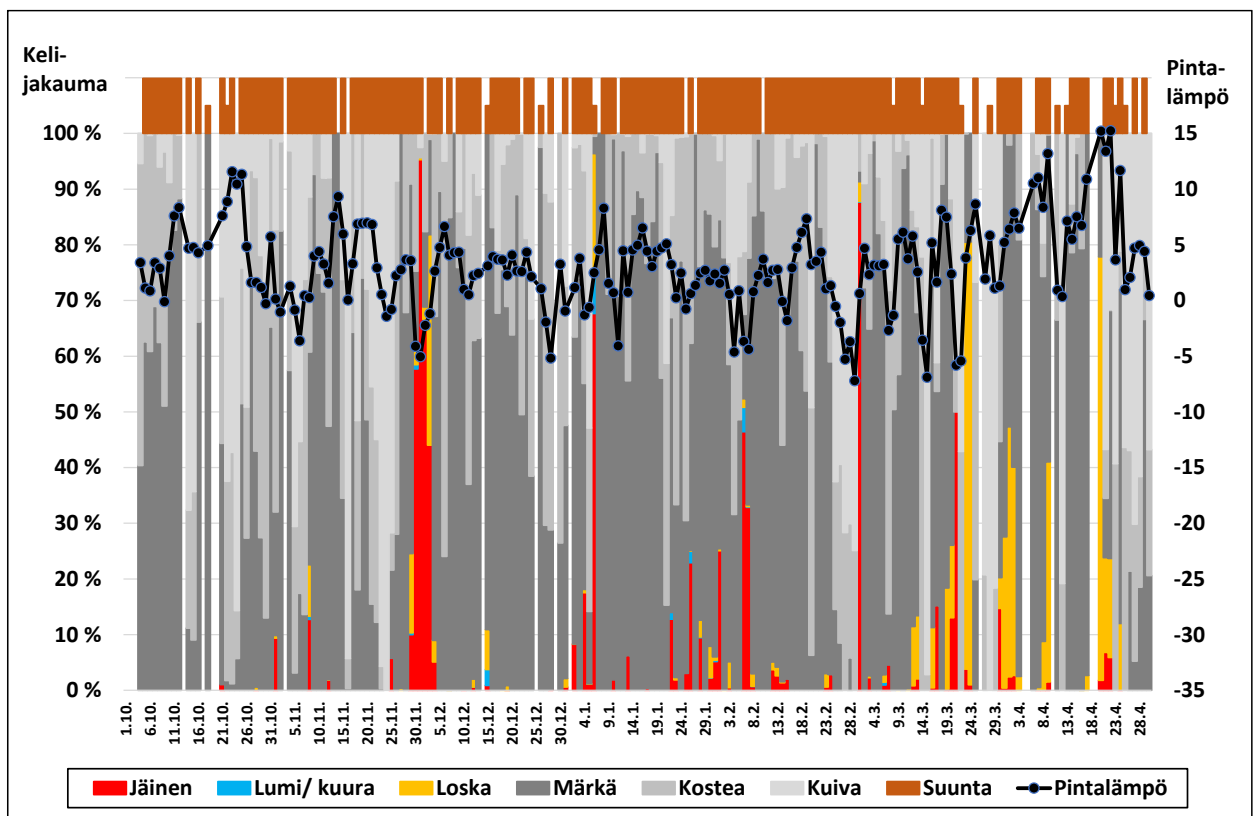
Kuva 6. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Vt25 – Lahti (vt 12) ajalla 1.10.2018–30.4.2019.



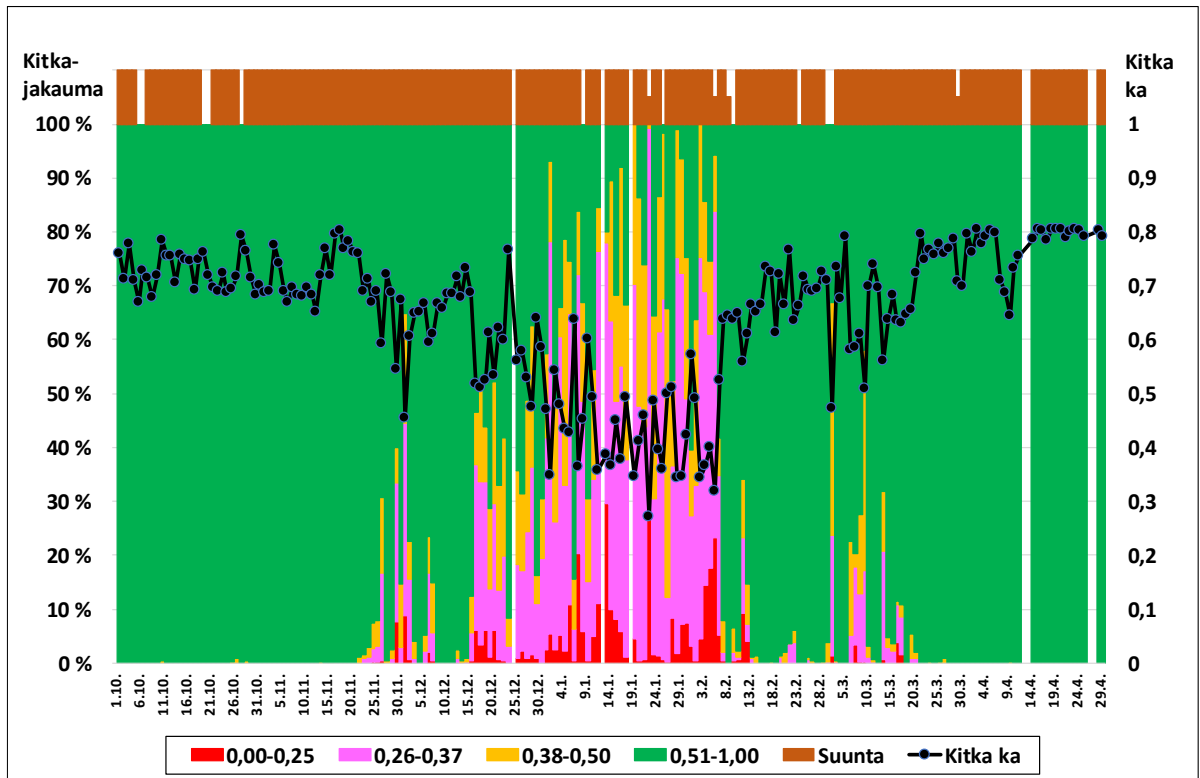
Kuva 7. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Vt25 – Lahti (vt 12) ajalla 1.10.2018–30.4.2019.



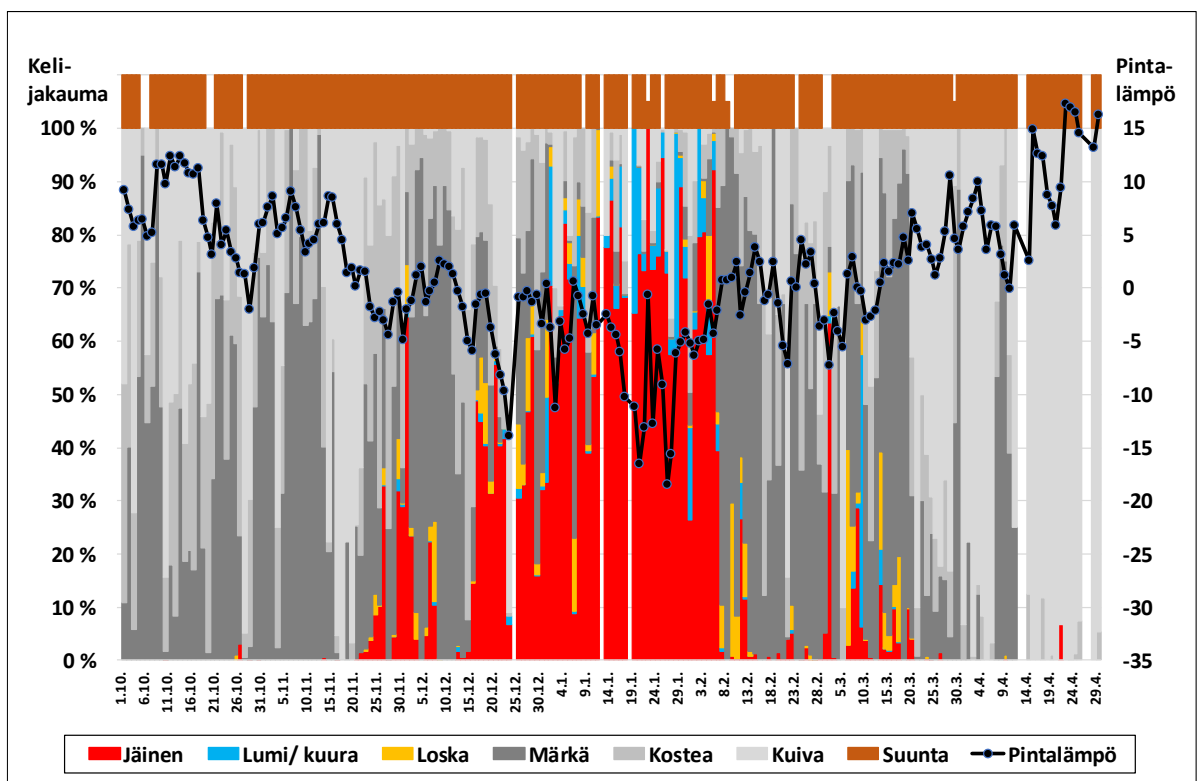
Kuva 8. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Vt25 - Lahti (vt 12) ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



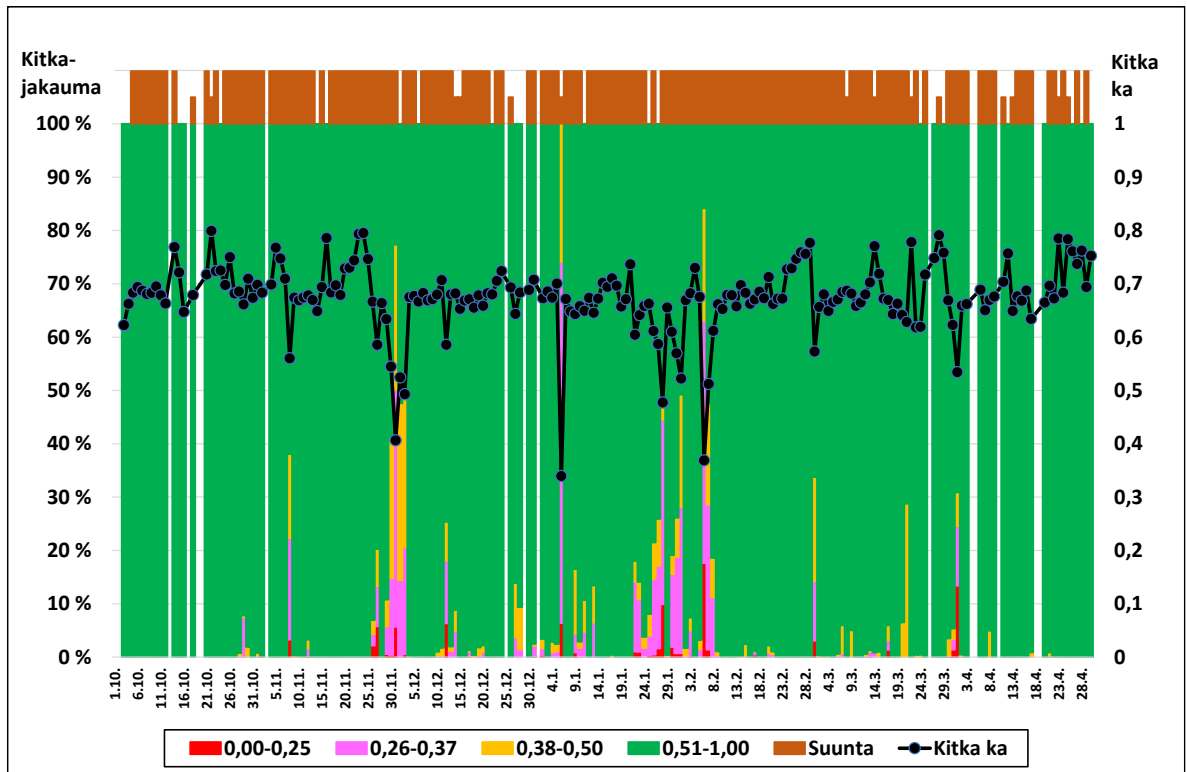
Kuva 9. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Vt25 - Lahti (vt 12) ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



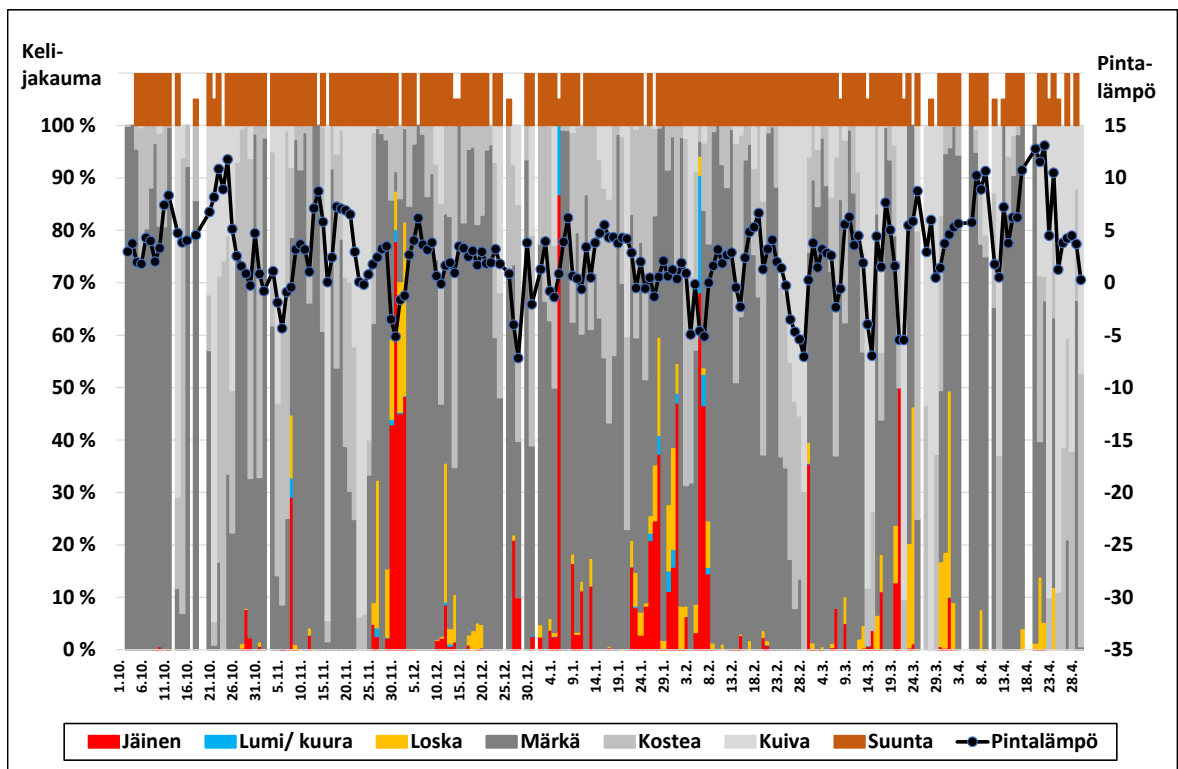
Kuva 10. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Lahti (vt 12) – Lusi ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



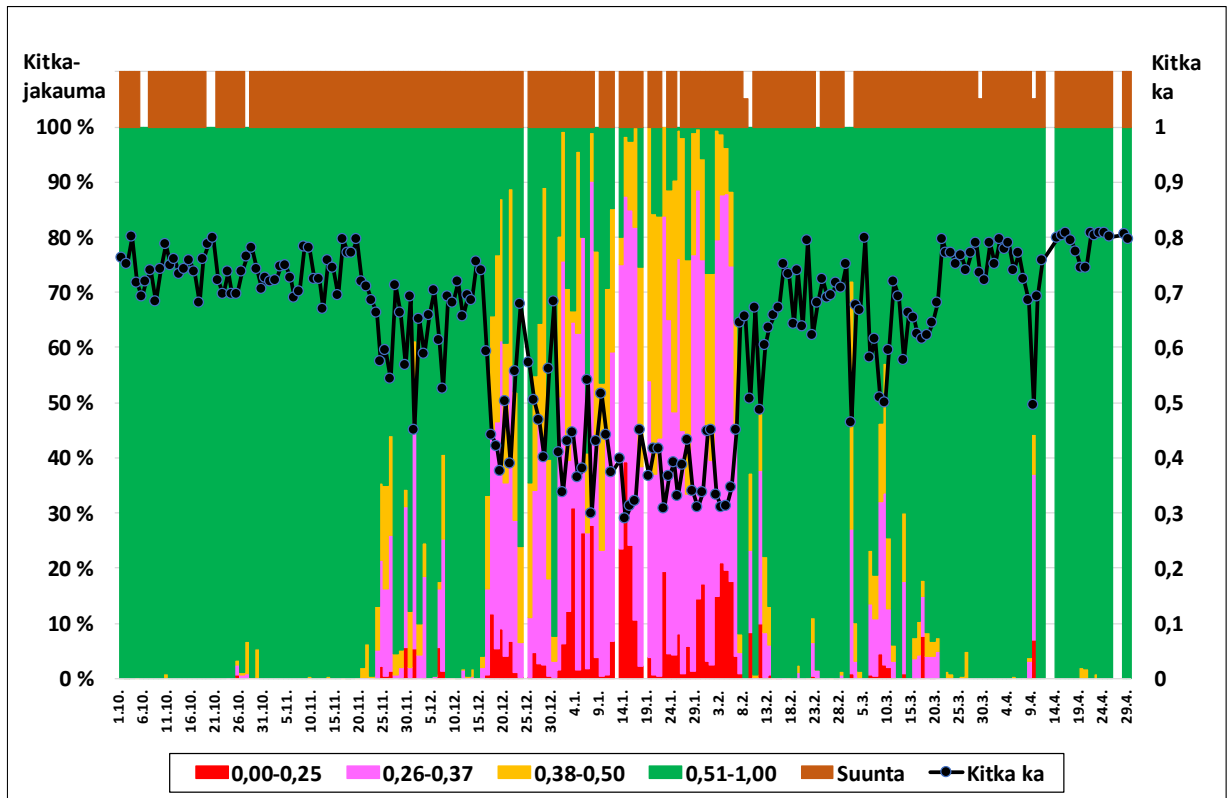
Kuva 11. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Lahti (vt 12) – Lusi ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



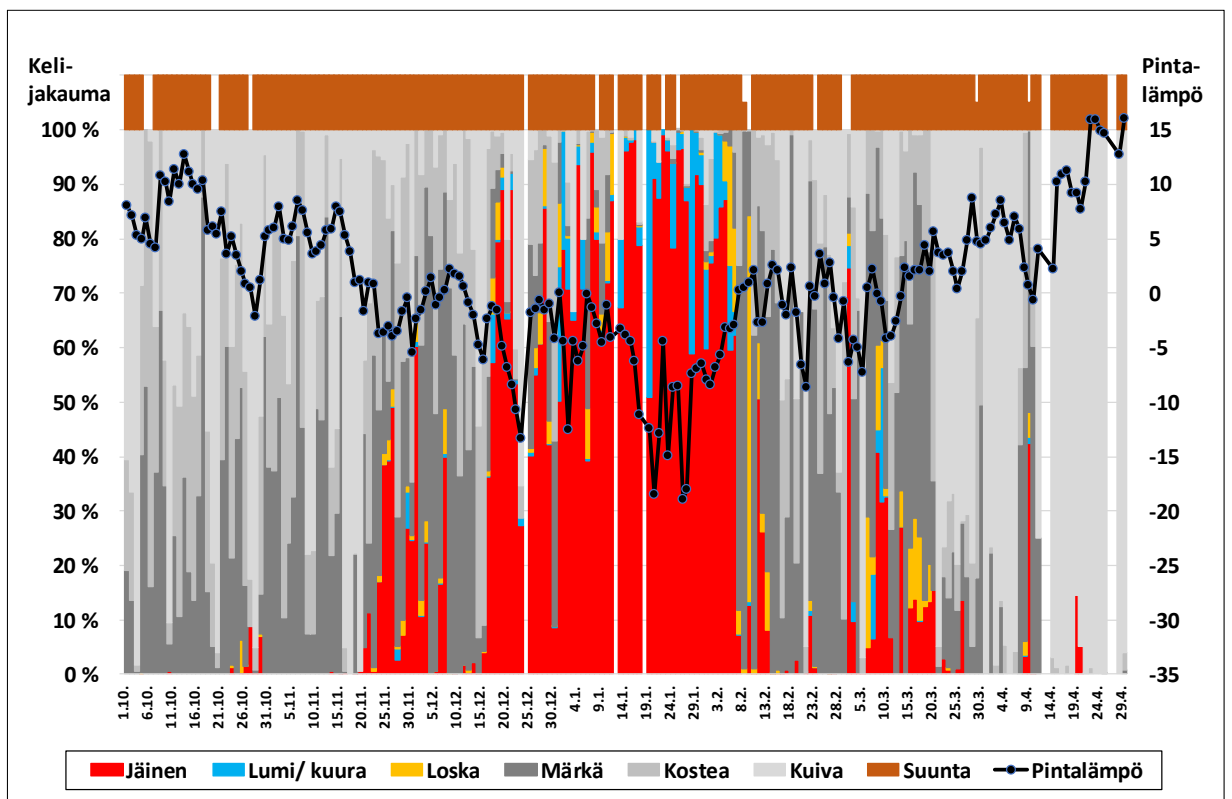
Kuva 12. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Lahti (vt 12) – Lusi ajalla 1.10.2019–30.4.2020.



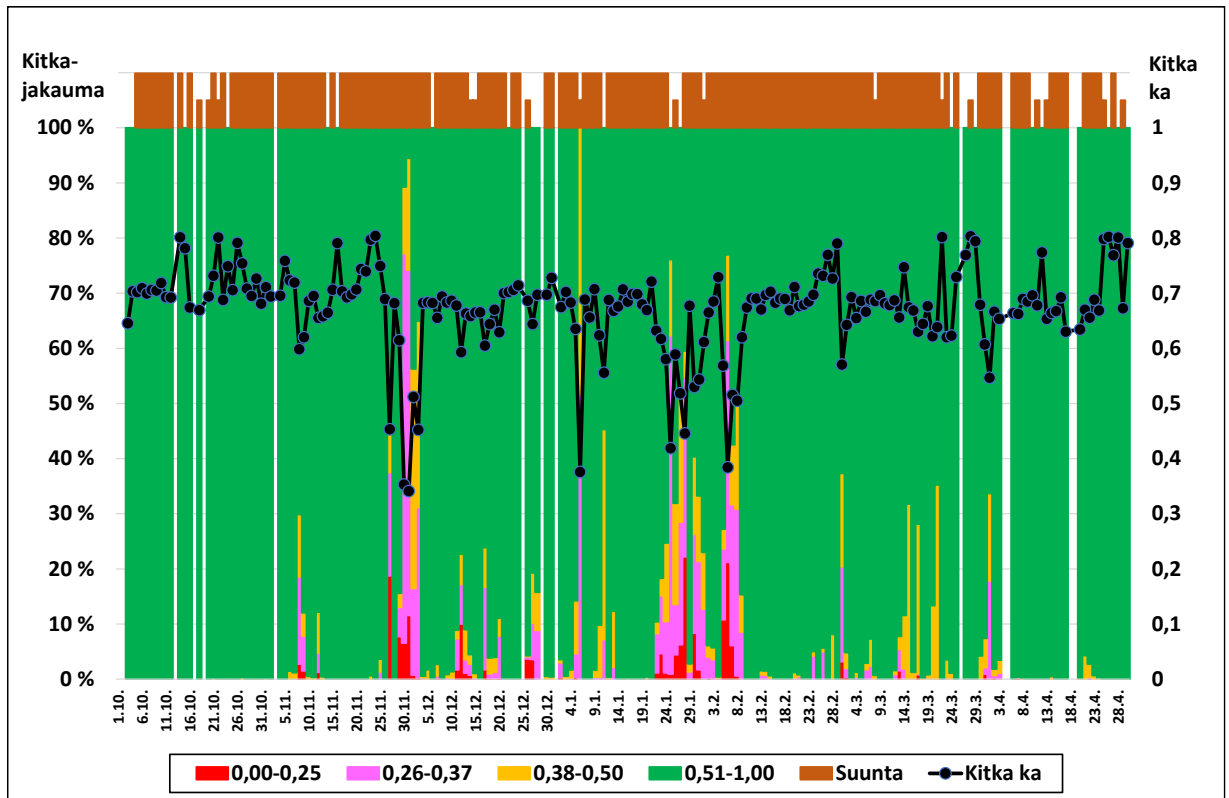
Kuva 13. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Lahti (vt 12) – Lusi ajalla 1.10.2019–30.4.2020.



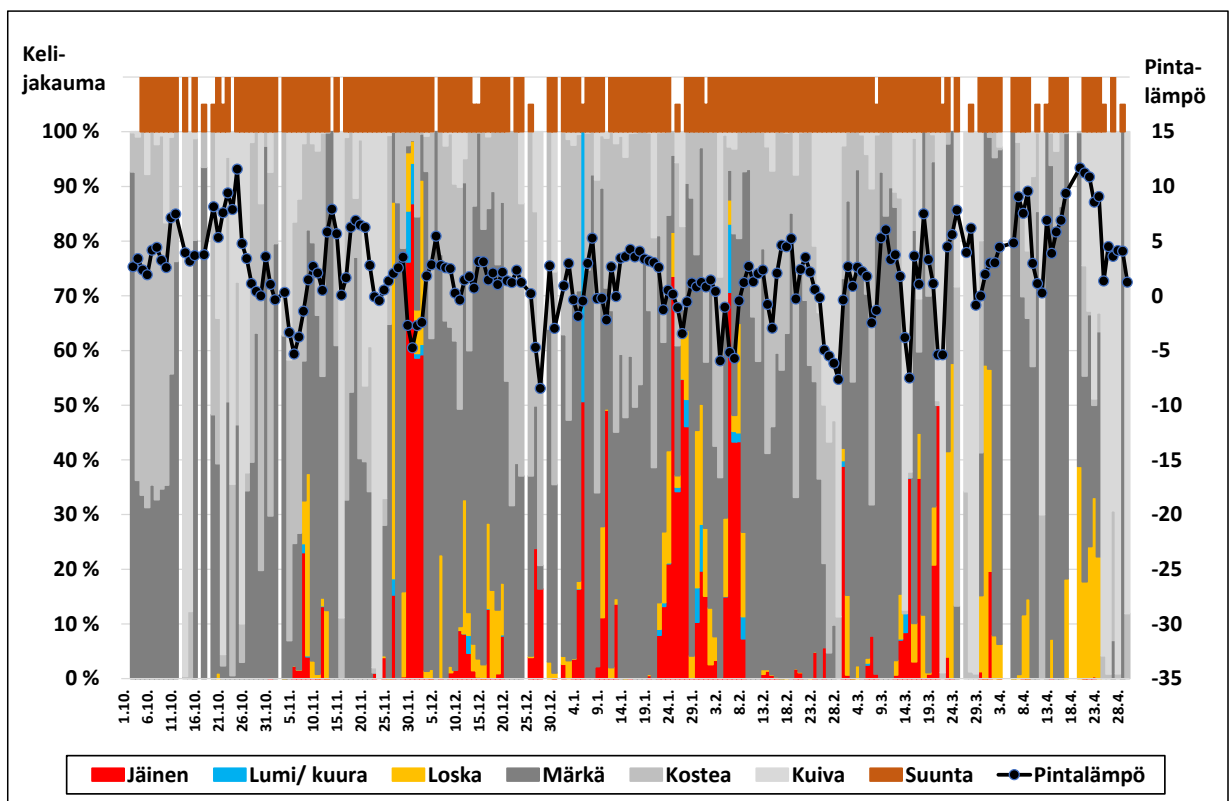
Kuva 14. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Lusi – Joutsa ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



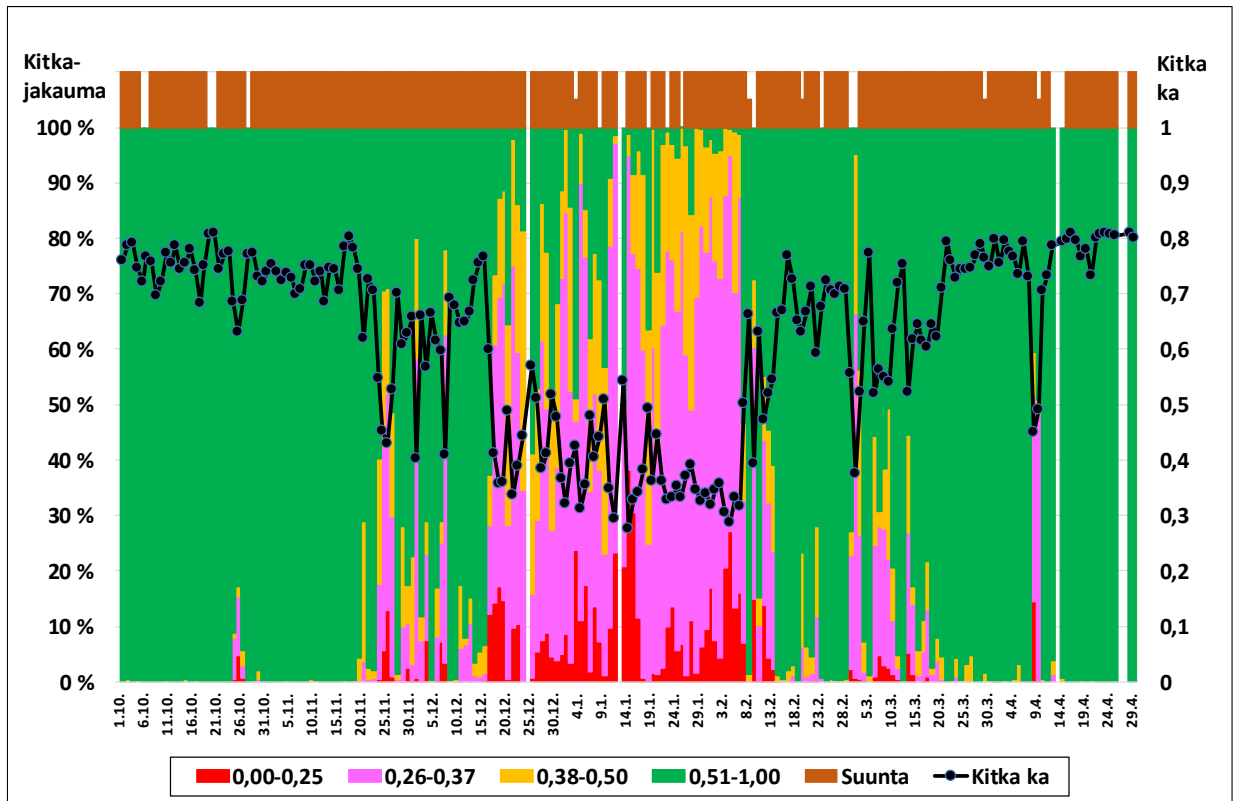
Kuva 15. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Lusi – Joutsa ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



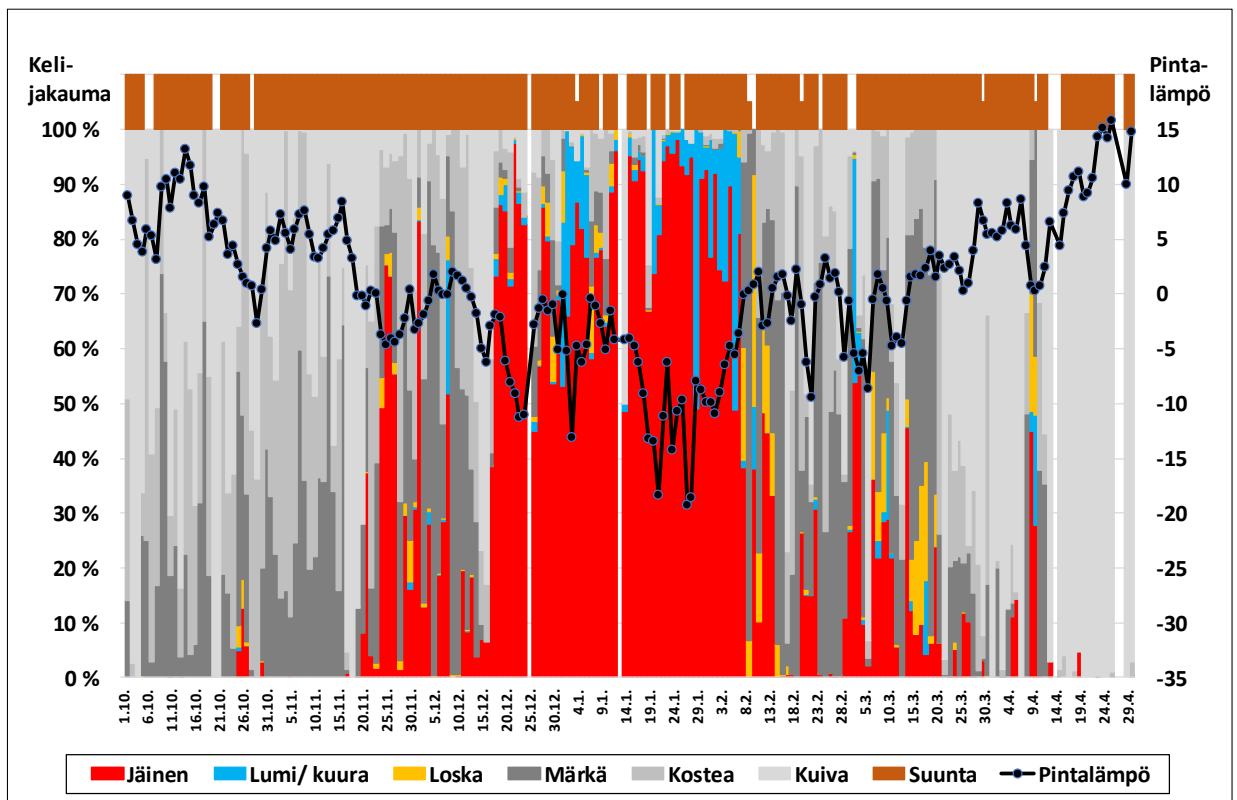
Kuva 16. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Lusi – Joutsa ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



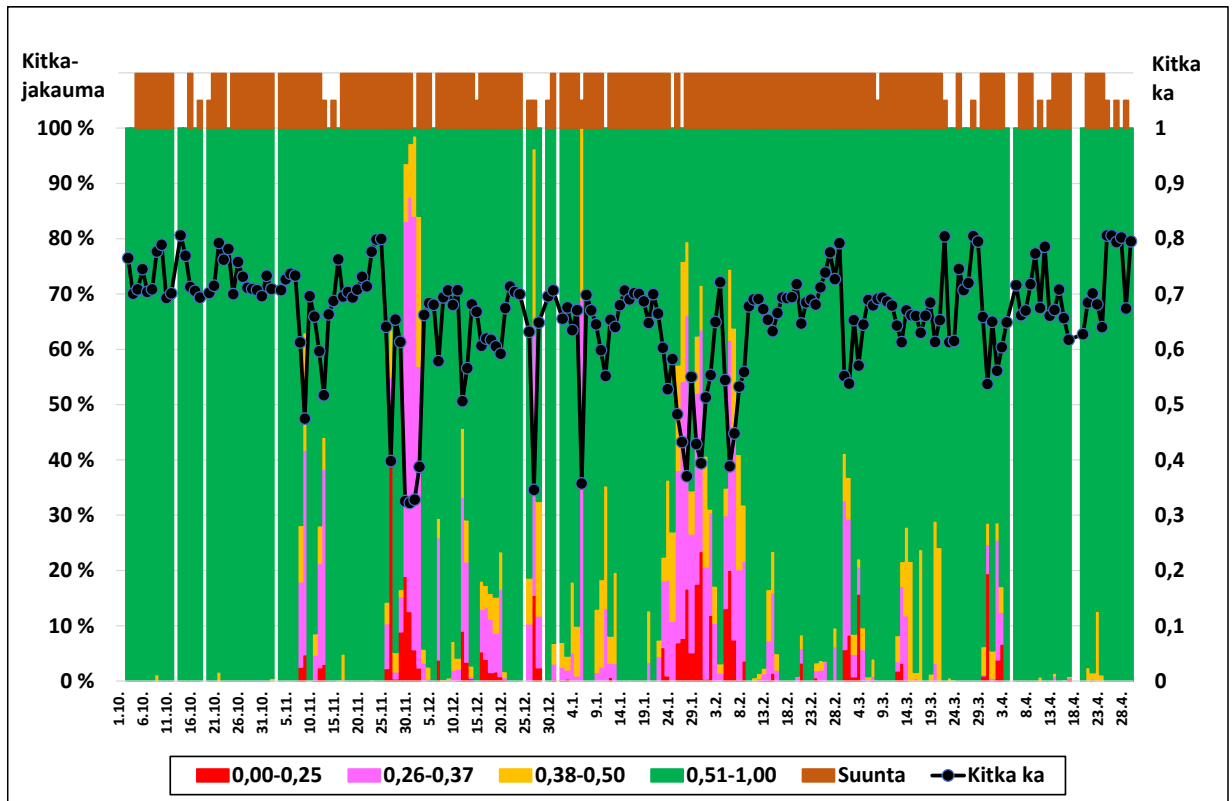
Kuva 17. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Lusi – Joutsa ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



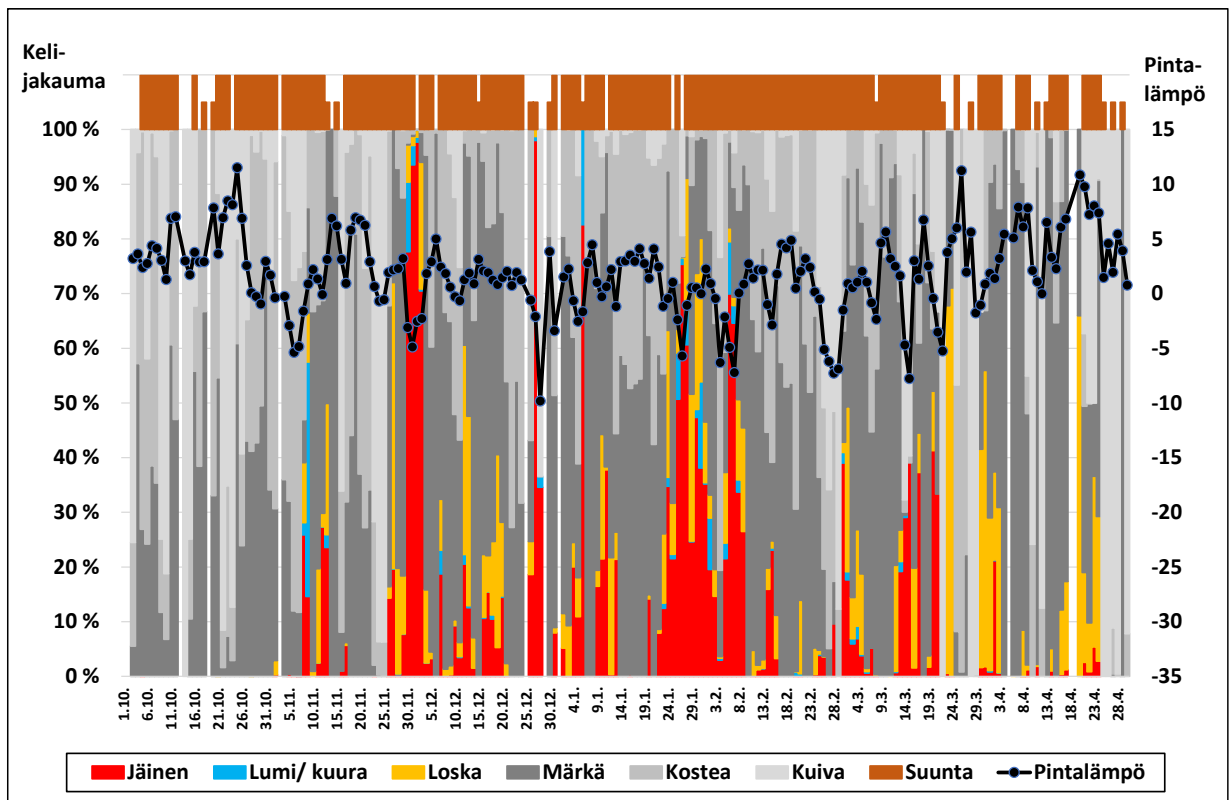
Kuva 18. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Joutsa– Jyväskylä ajalla 1.10.2018–30.4.2019.



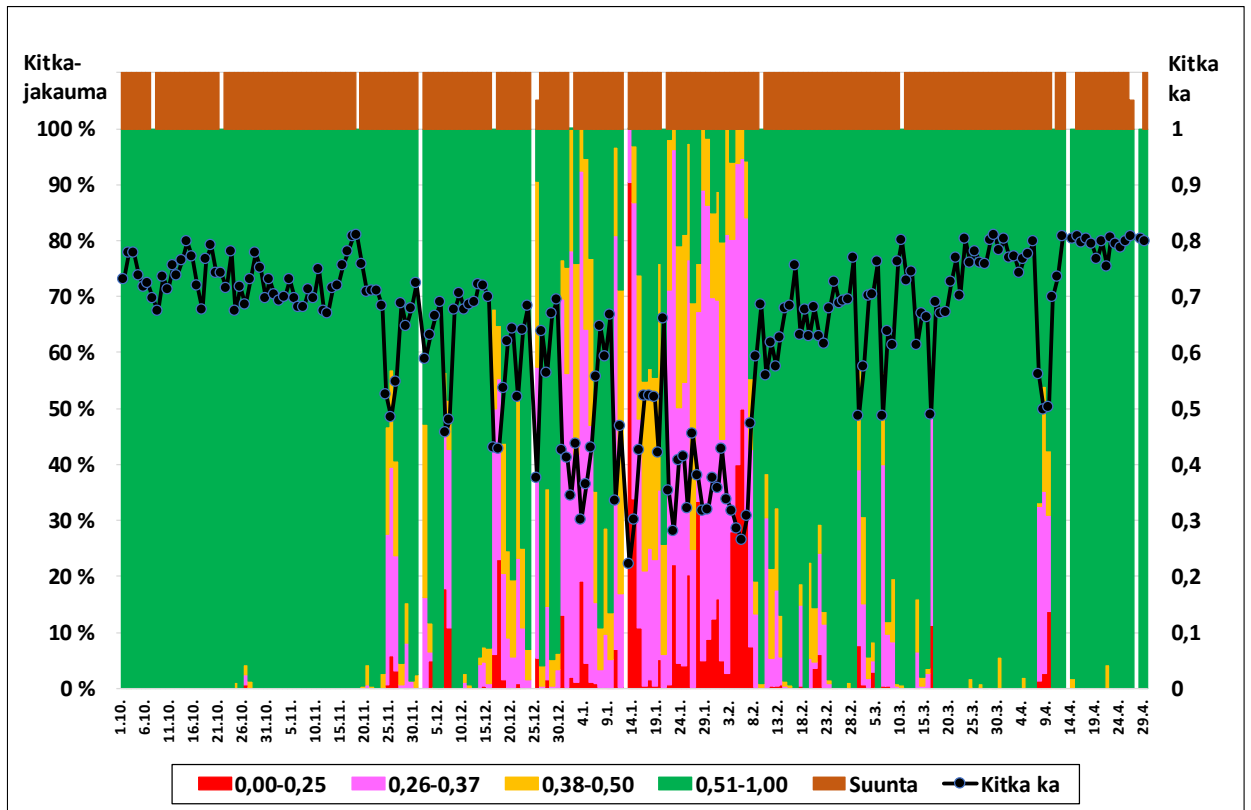
Kuva 19. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Joutsa– Jyväskylä ajalla 1.10.2018–30.4.2019.



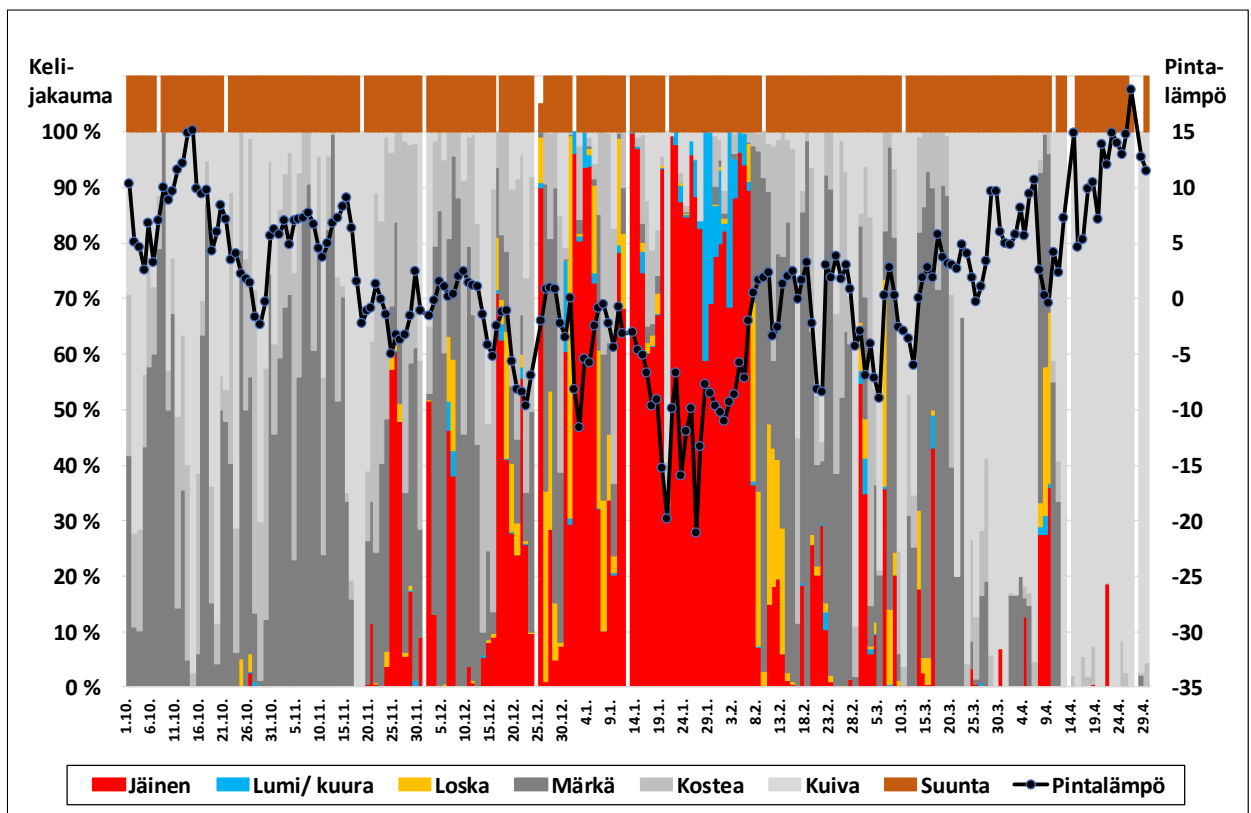
Kuva 20. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Joutsa- Jyväskylä ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



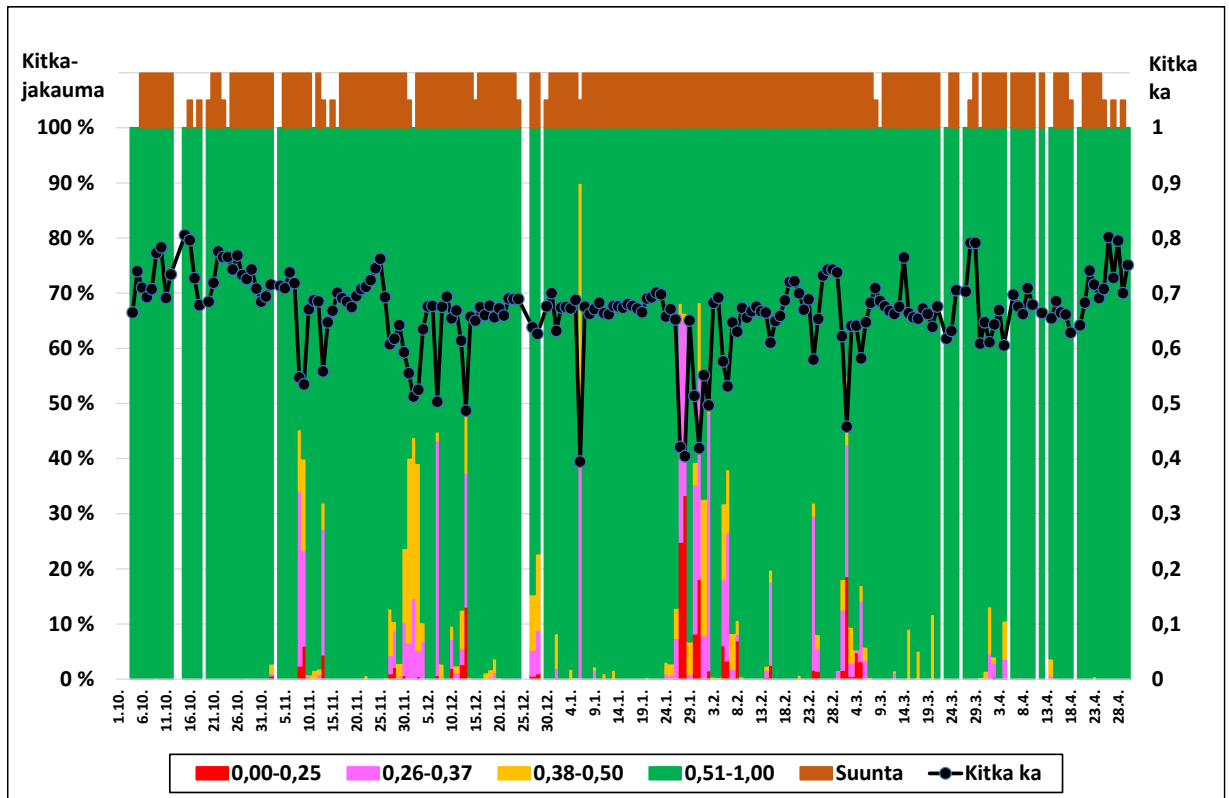
Kuva 21. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Joutsa- Jyväskylä ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



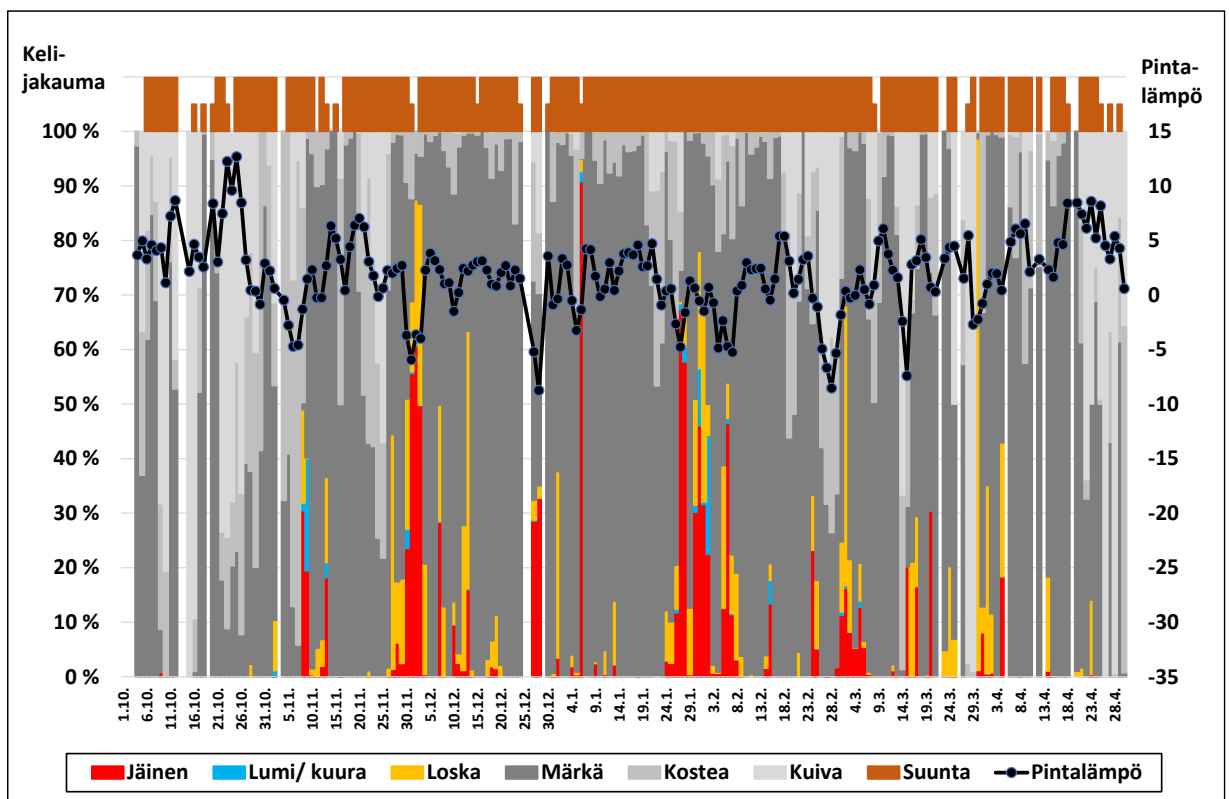
Kuva 22. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Jyväskylä- Äänekoski ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



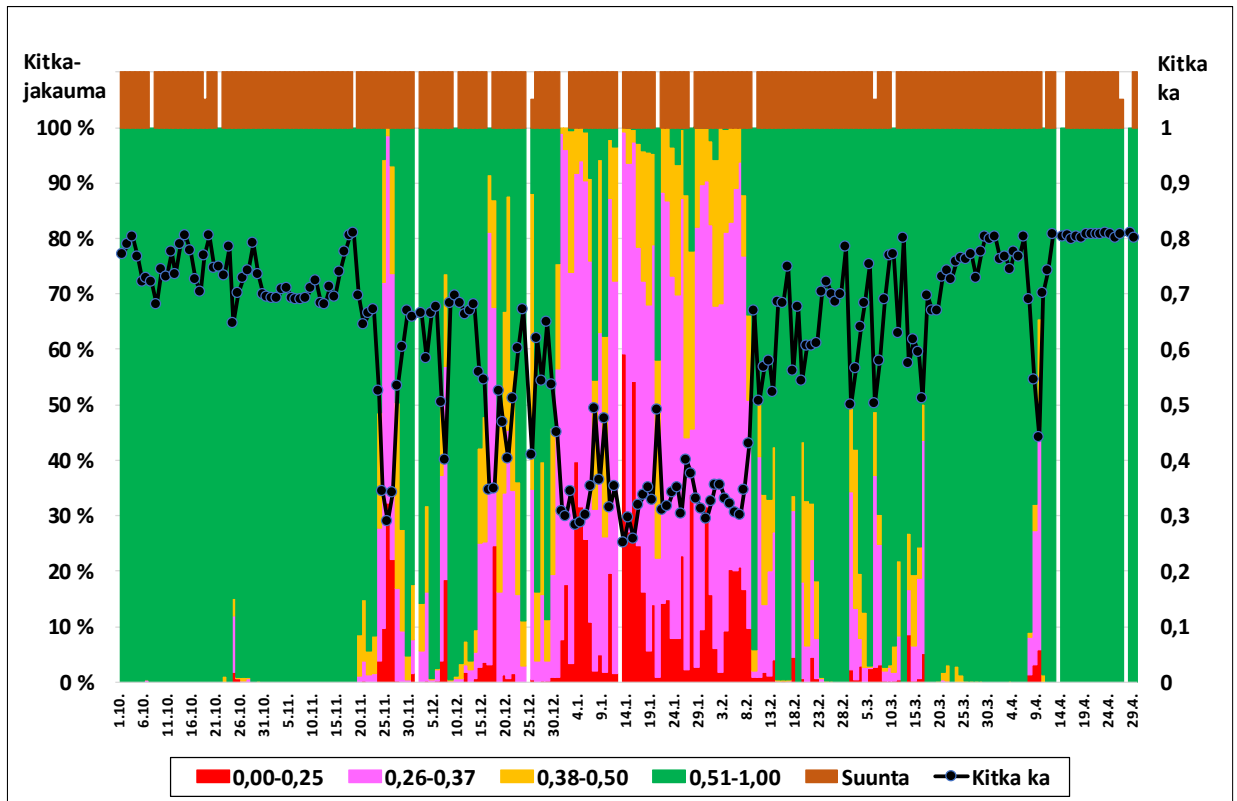
Kuva 23. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Jyväskylä- Äänekoski ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



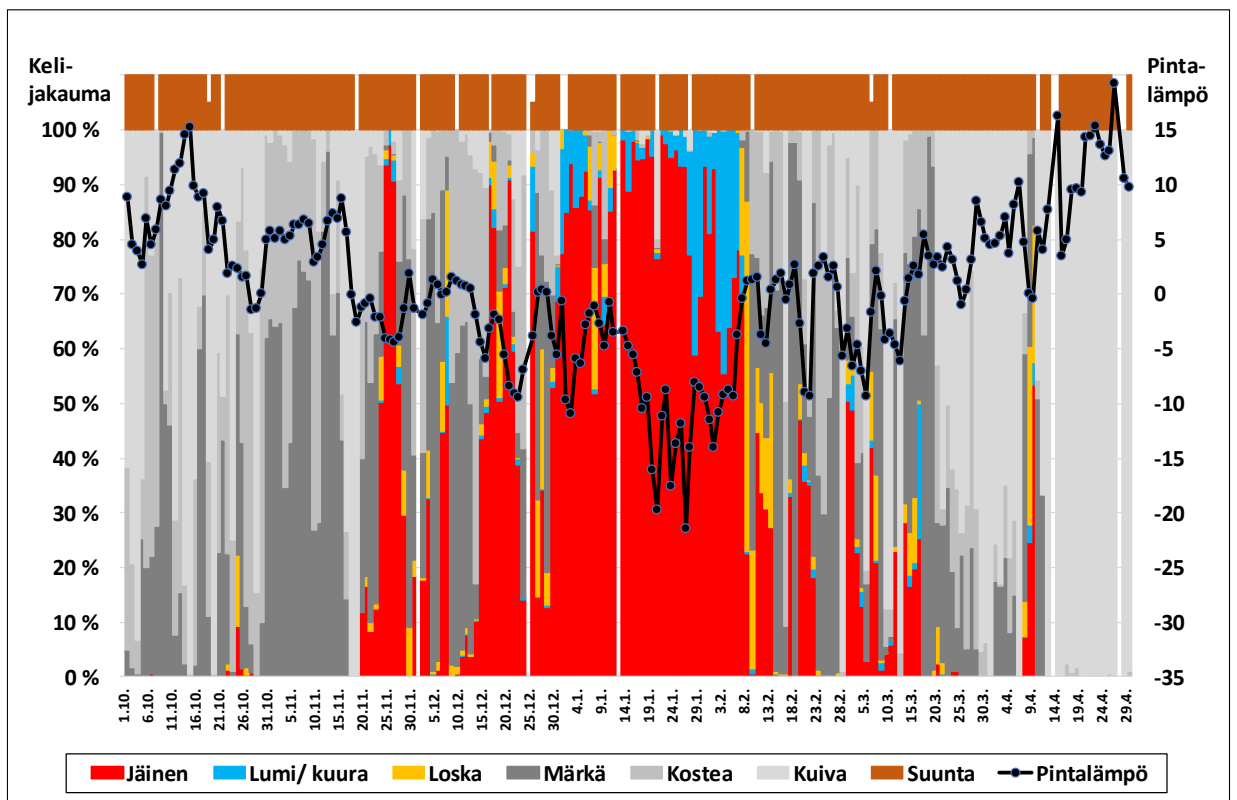
Kuva 24. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Jyväskylä-Äänekoski ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



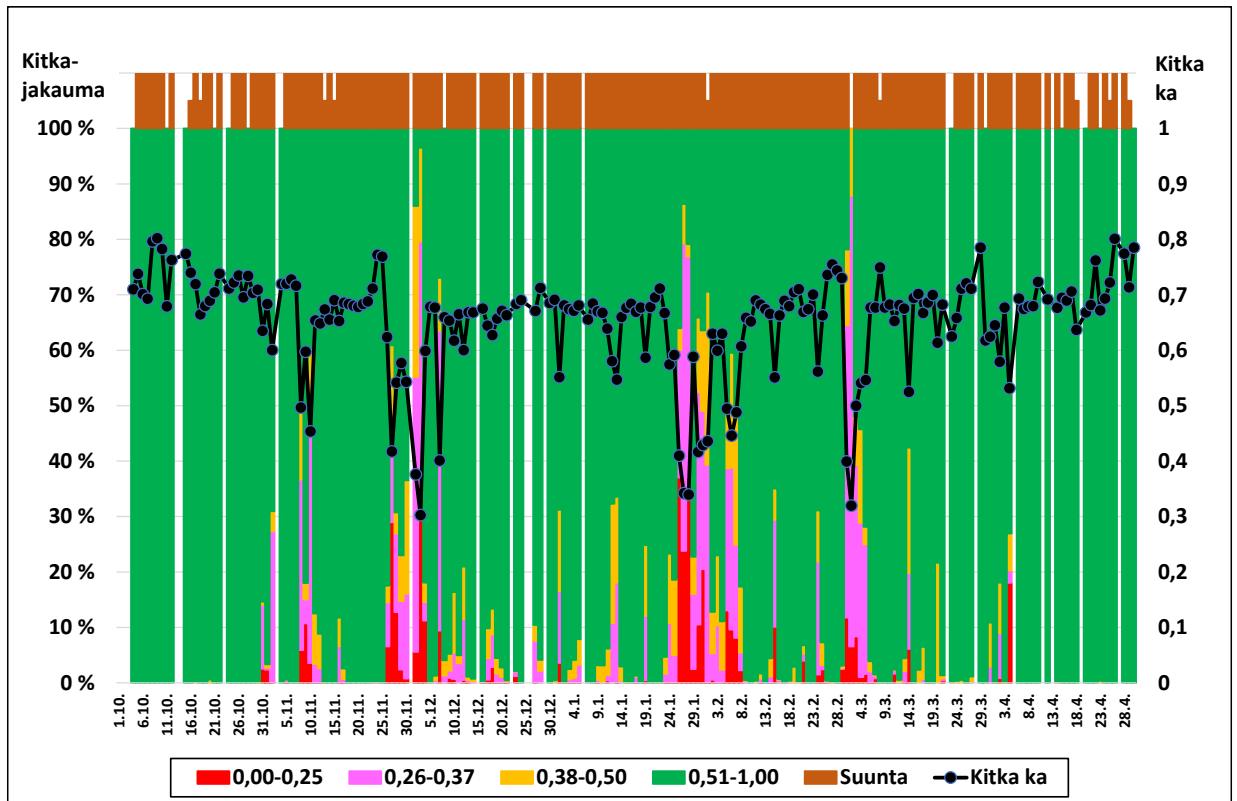
Kuva 25. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Jyväskylä-Äänekoski ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



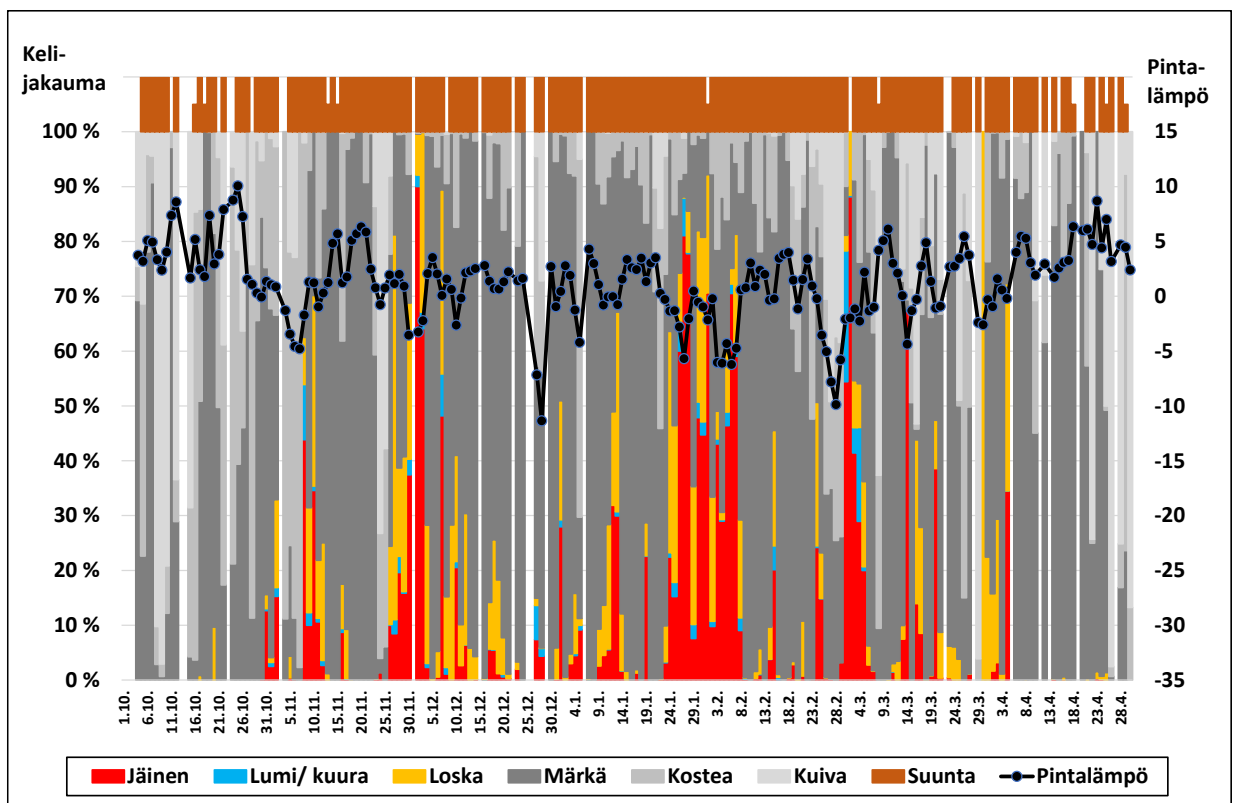
Kuva 26. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Äänekoski-Viitasaari (tie 77) ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



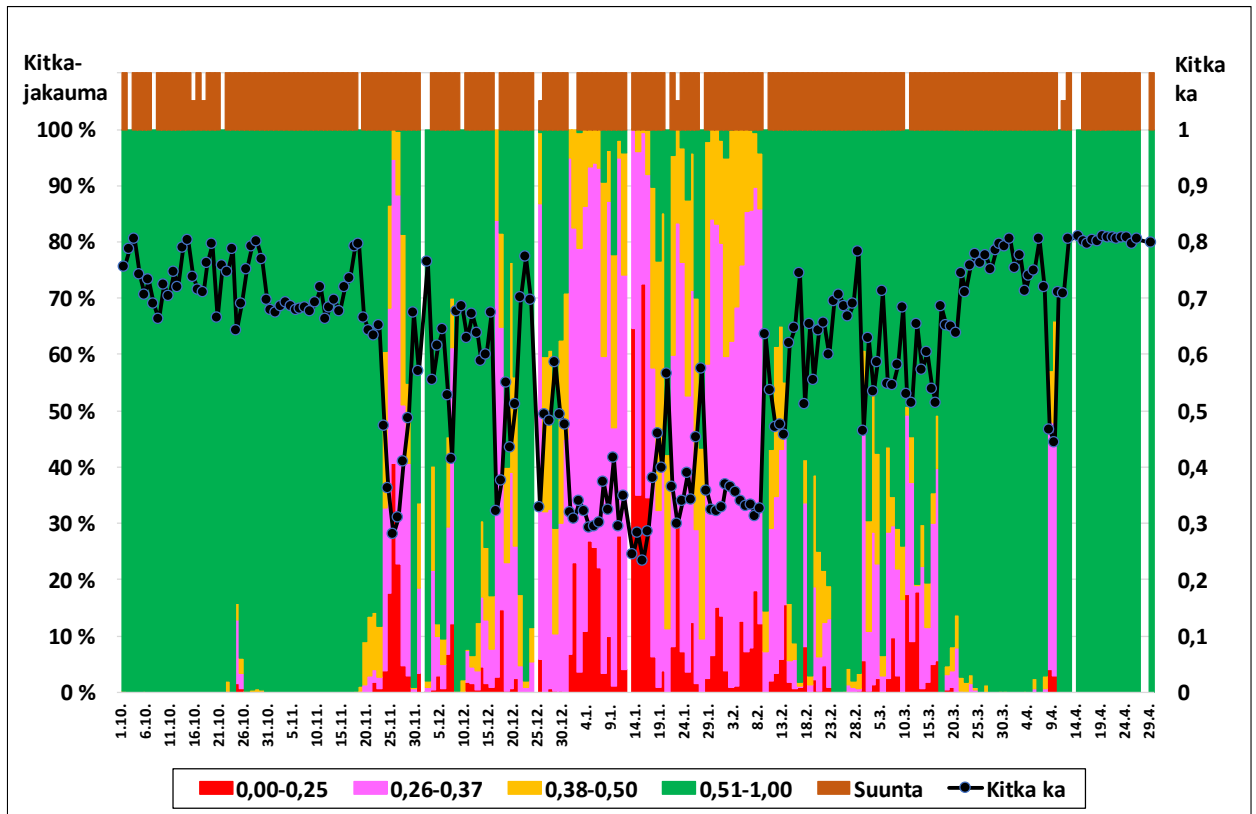
Kuva 27. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Äänekoski-Viitasaari (tie 77) ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



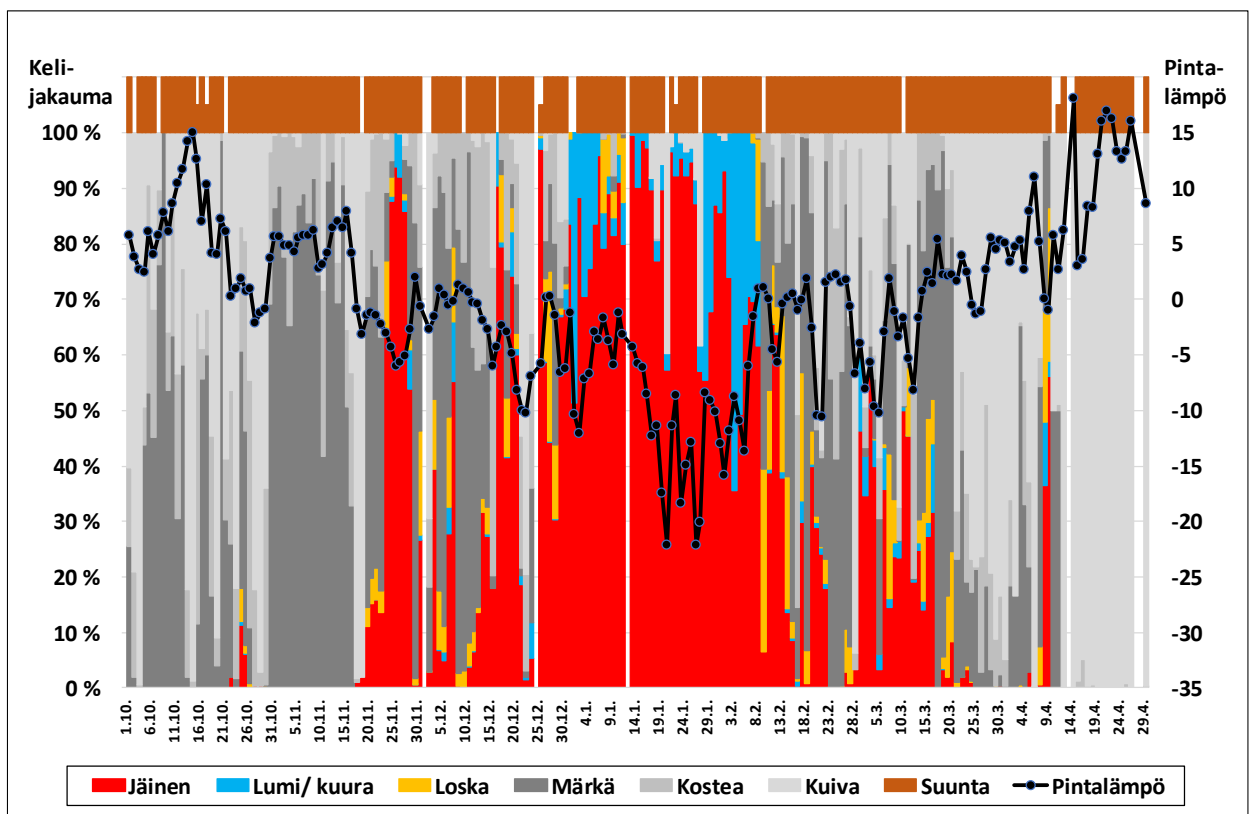
Kuva 28. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Äänekoski-Viitasaari (tie 77) ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



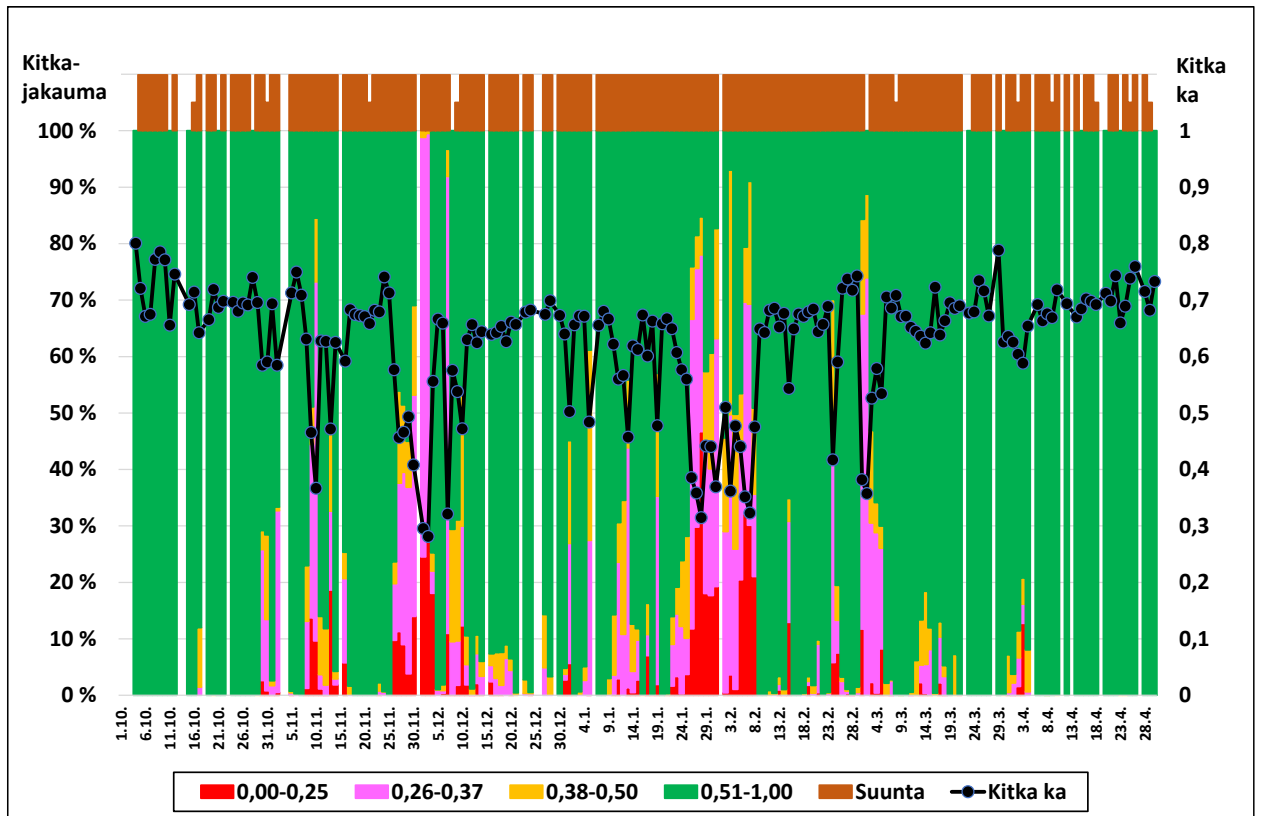
Kuva 29. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Äänekoski-Viitasaari (tie 77) ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



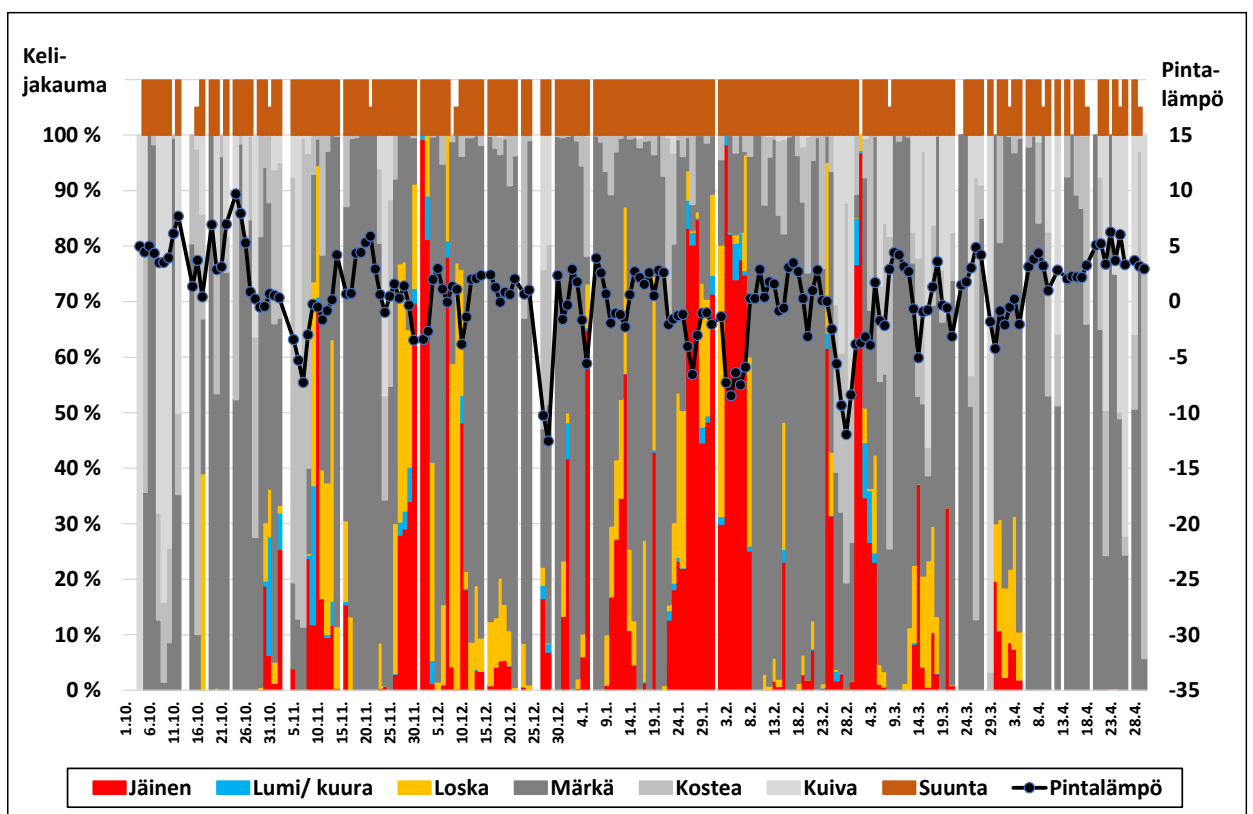
Kuva 30. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Viitasaari (tie 77) –Pyhäjärvi ajalla 1.10.2018–30.4.2019.



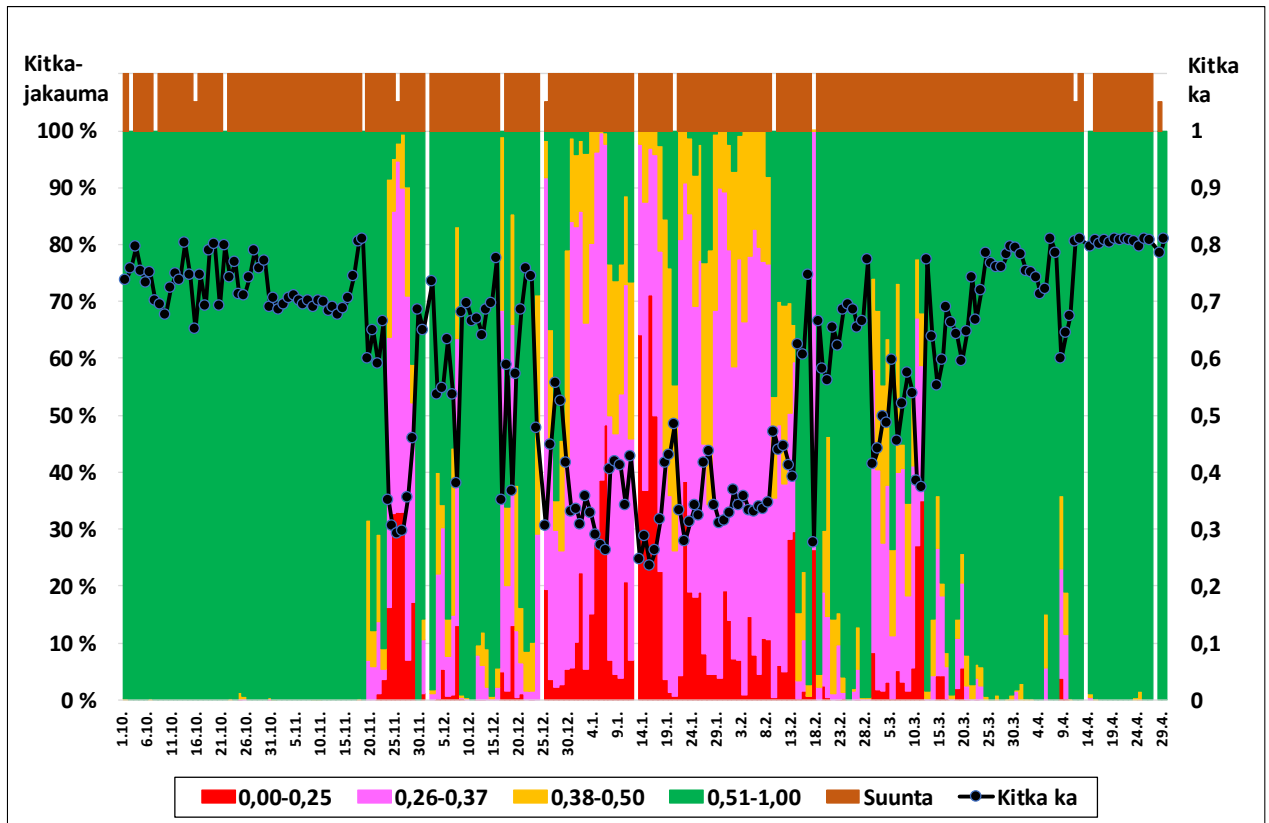
Kuva 31. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Viitasaari (tie 77) –Pyhäjärvi ajalla 1.10.2018–30.4.2019.



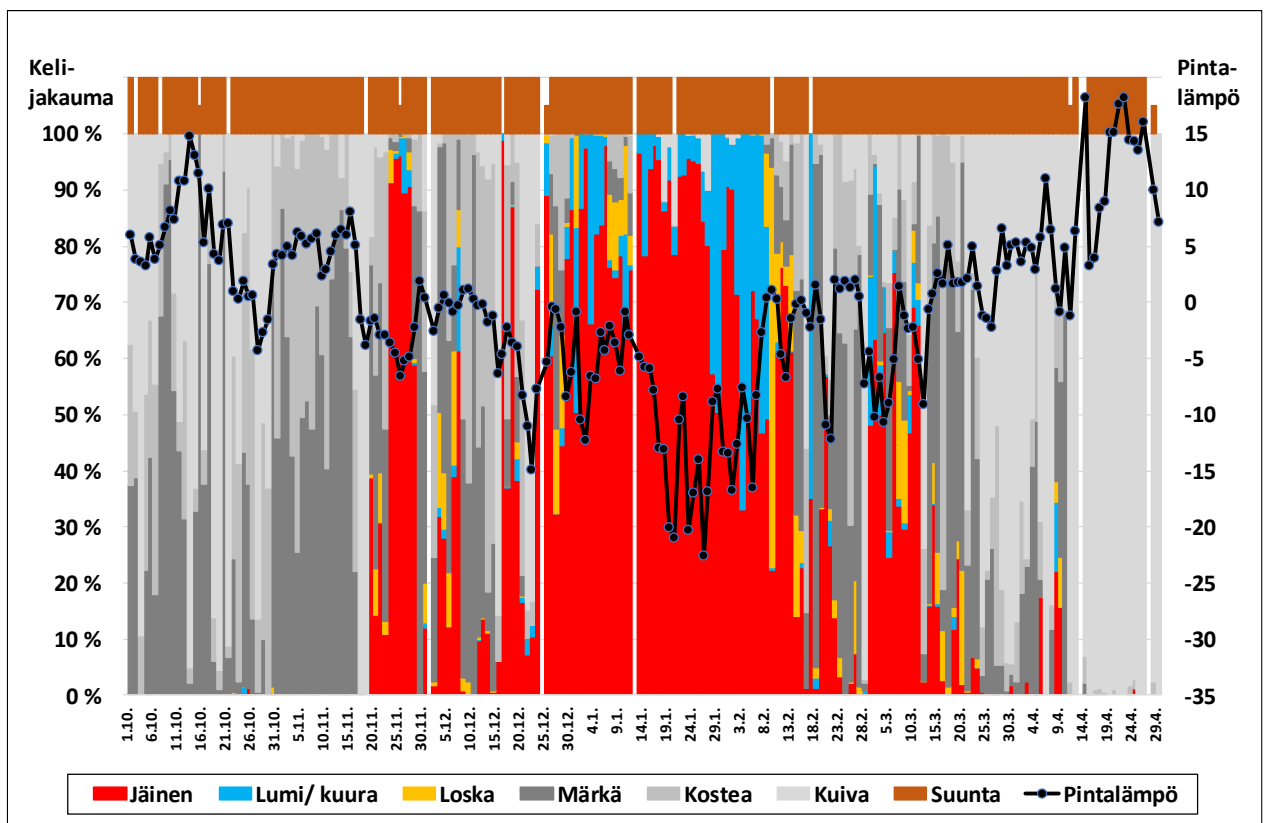
Kuva 32. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella **Viitasaari (tie 77) –Pyhäjärvi** ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



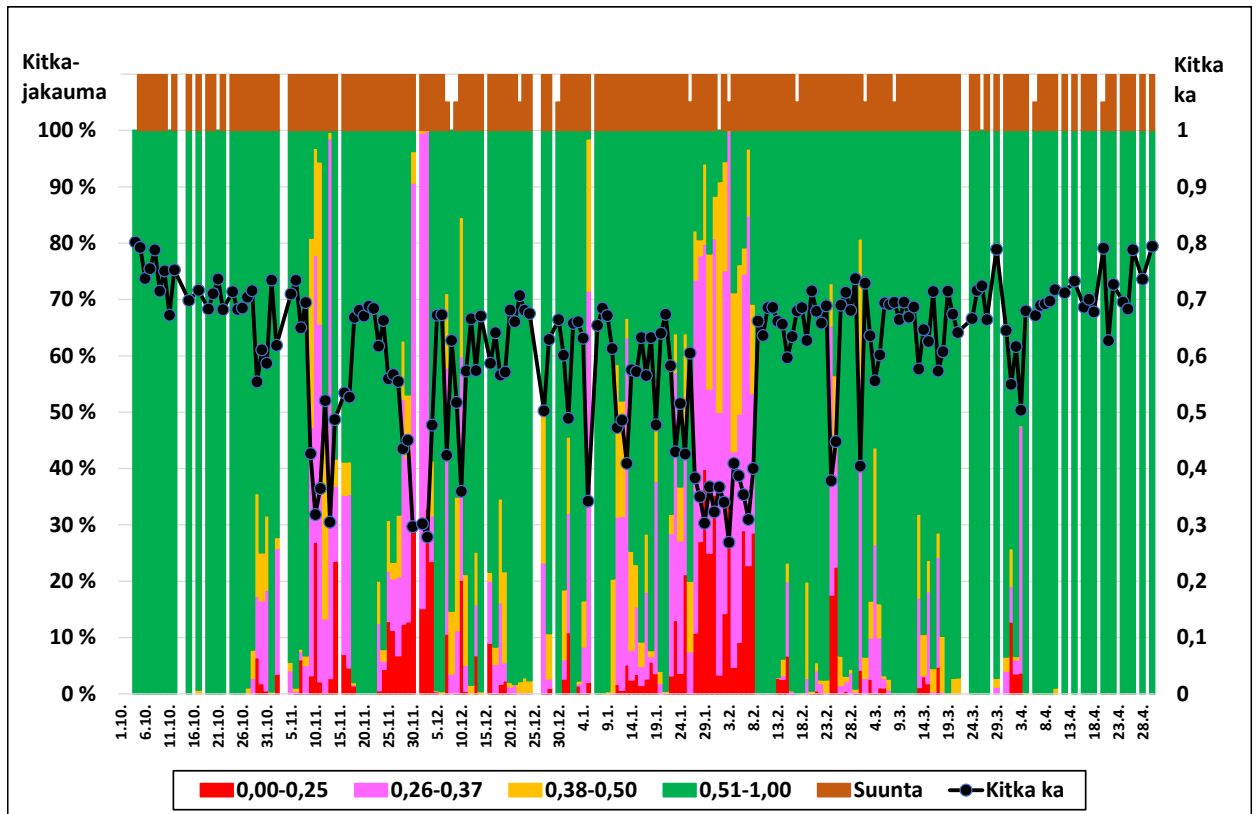
Kuva 33. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella **Viitasaari (tie 77) –Pyhäjärvi** ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



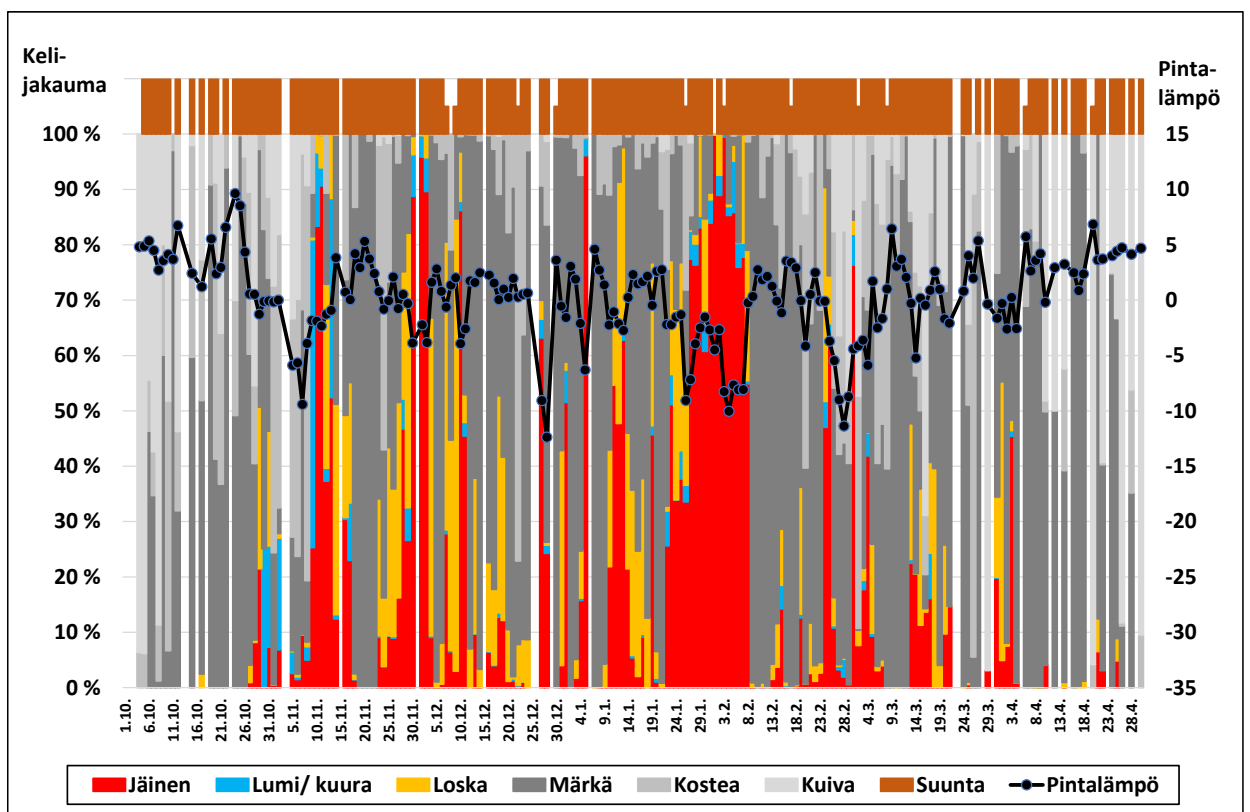
Kuva 34. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Pyhäjärvi-Pulkkila ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



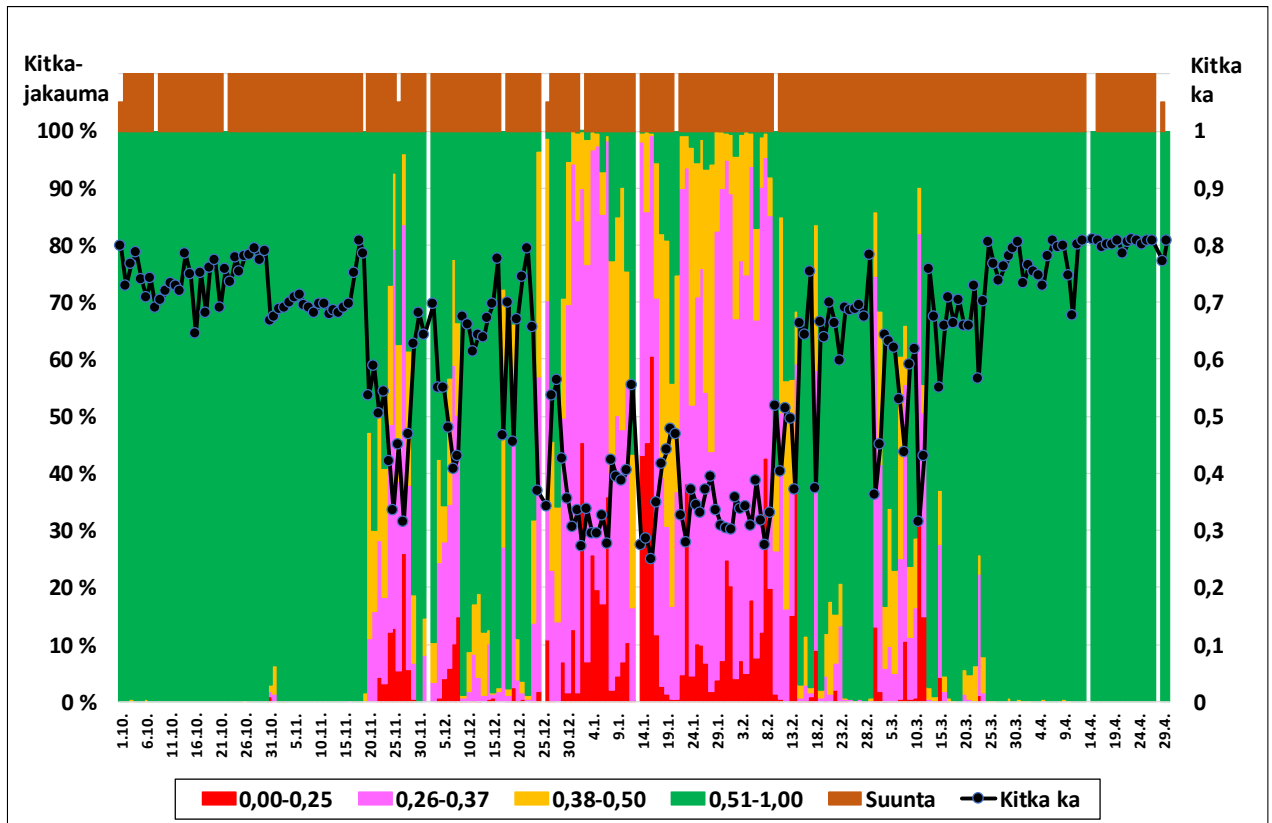
Kuva 35. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Pyhäjärvi-Pulkkila ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



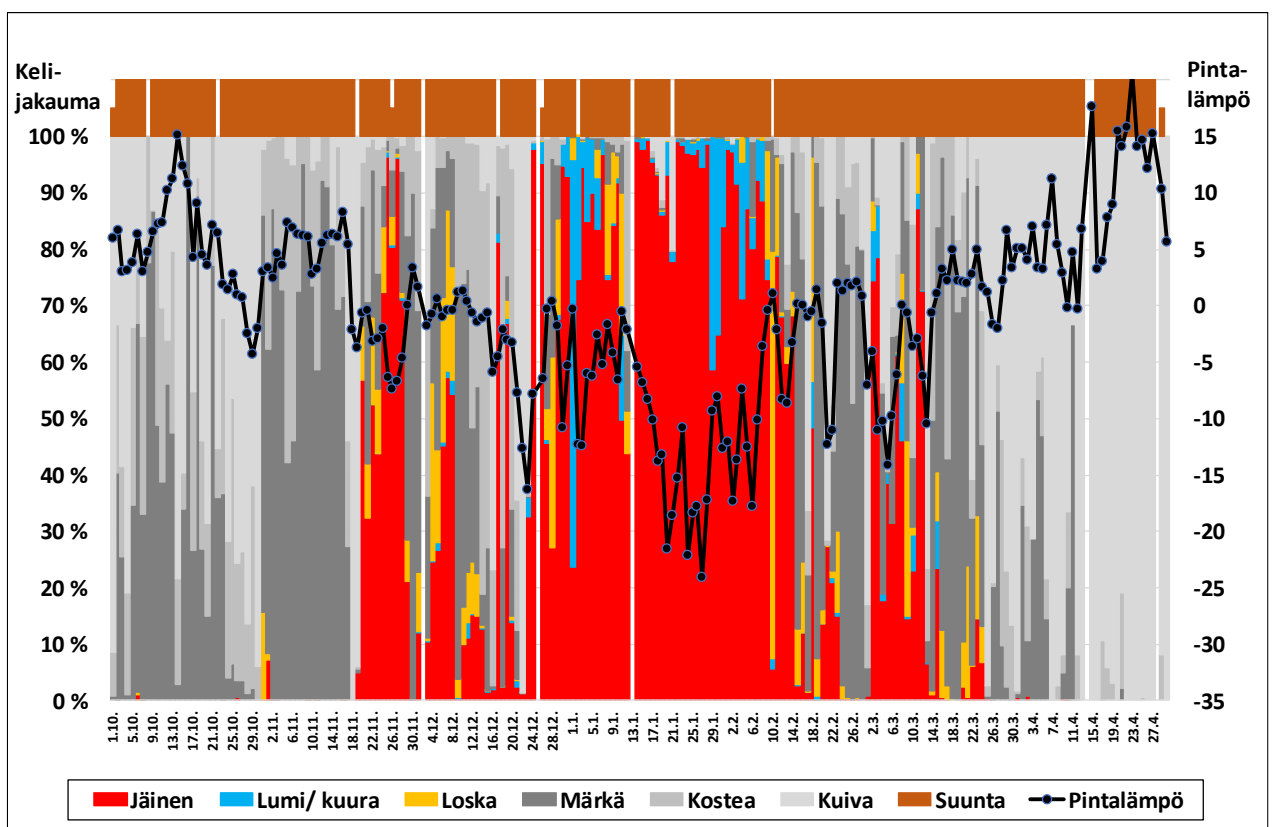
Kuva 36. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella **Pyhäjärvi-Pulkkila** ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



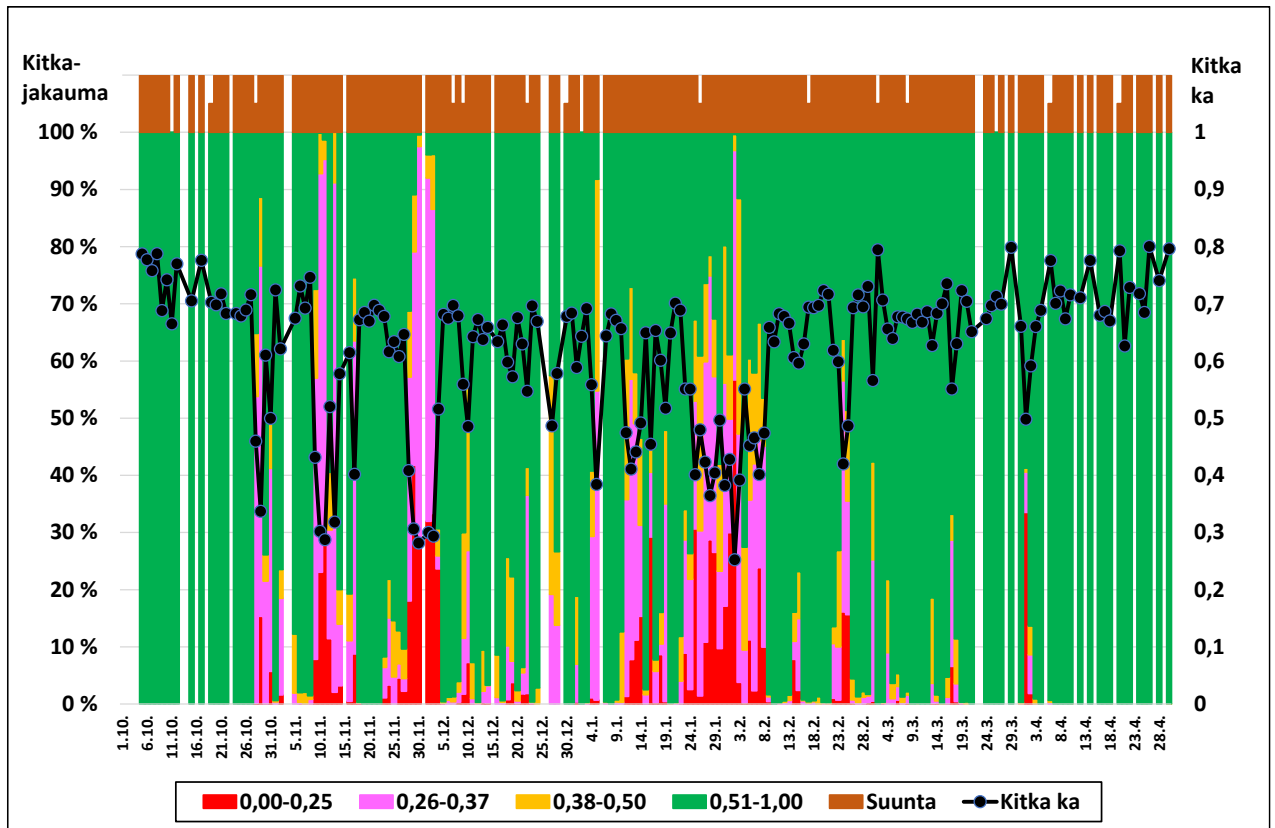
Kuva 37. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella **Pyhäjärvi-Pulkkila** ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



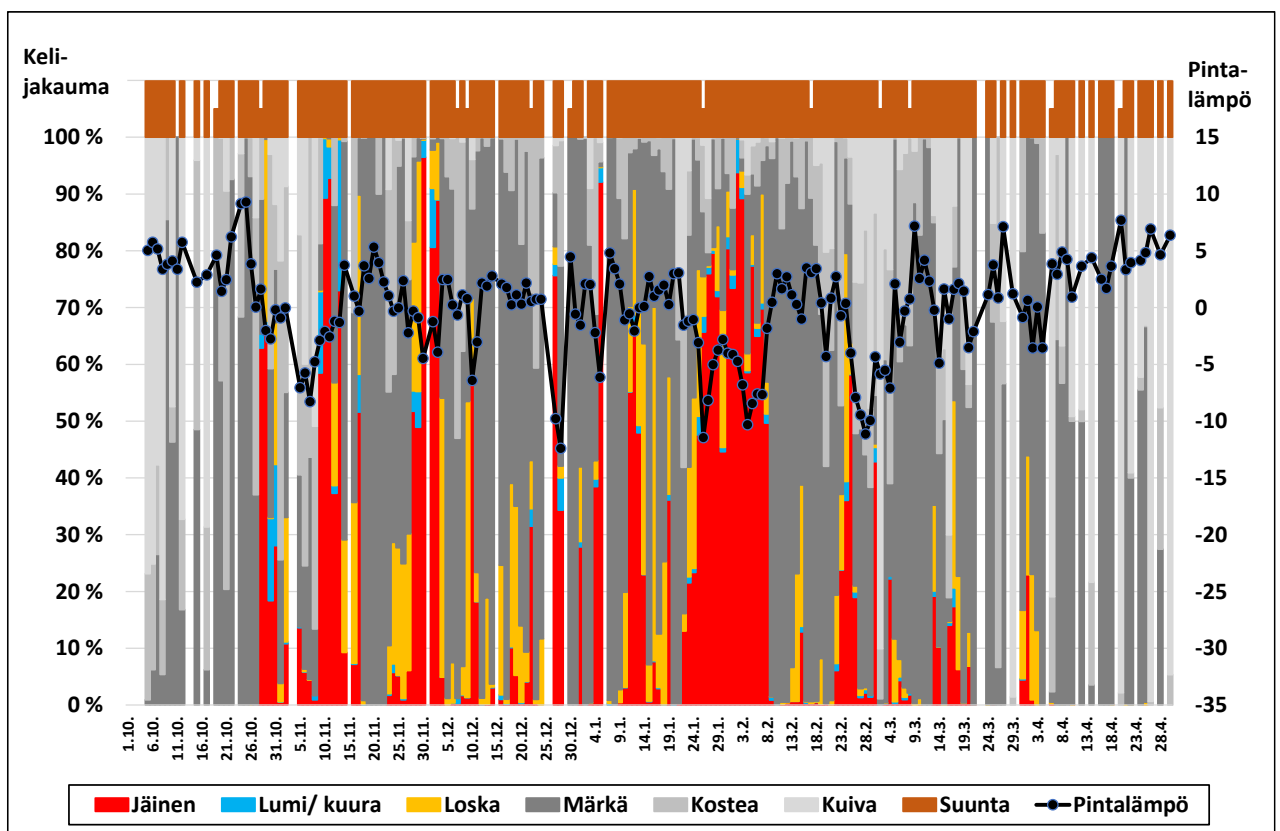
Kuva 38. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Pulkkila-Liminka ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



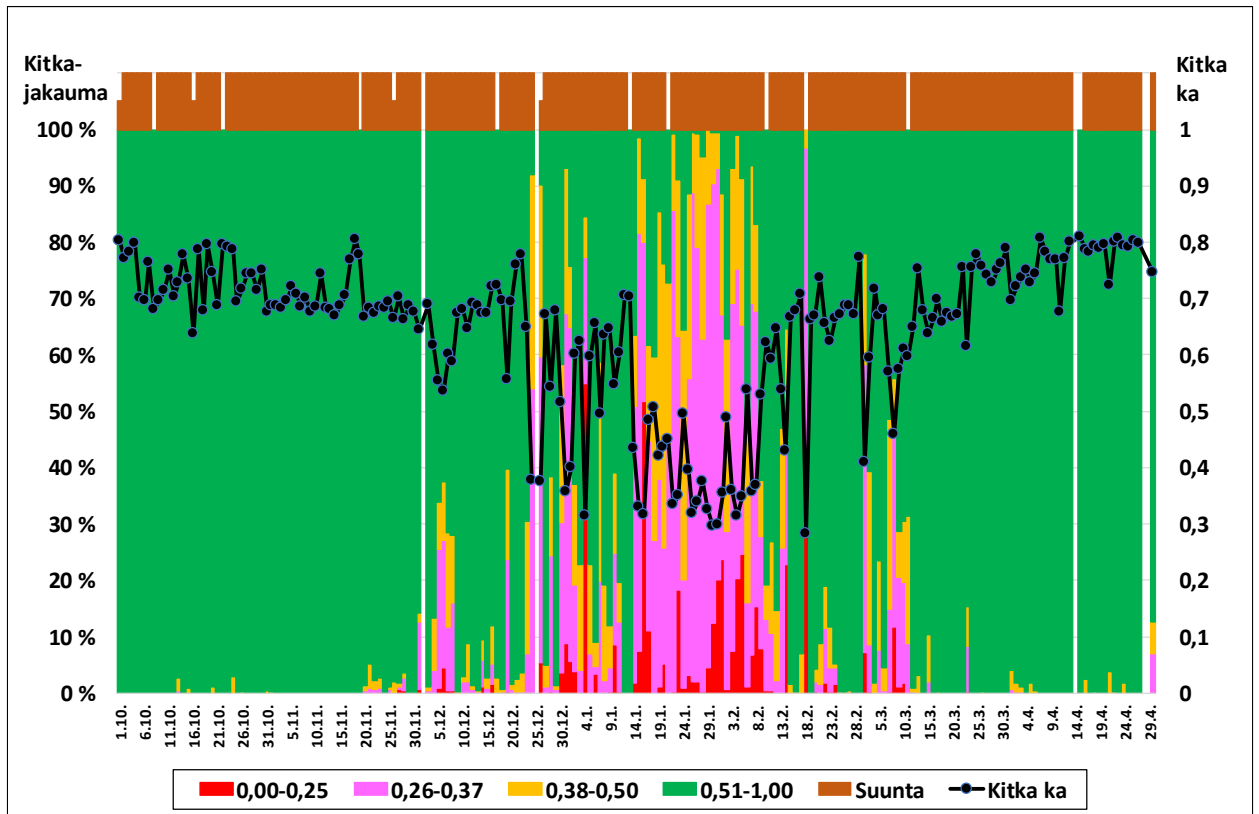
Kuva 39. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Pulkkila-Liminka ajalla 1.10.2018-30.4.2019.



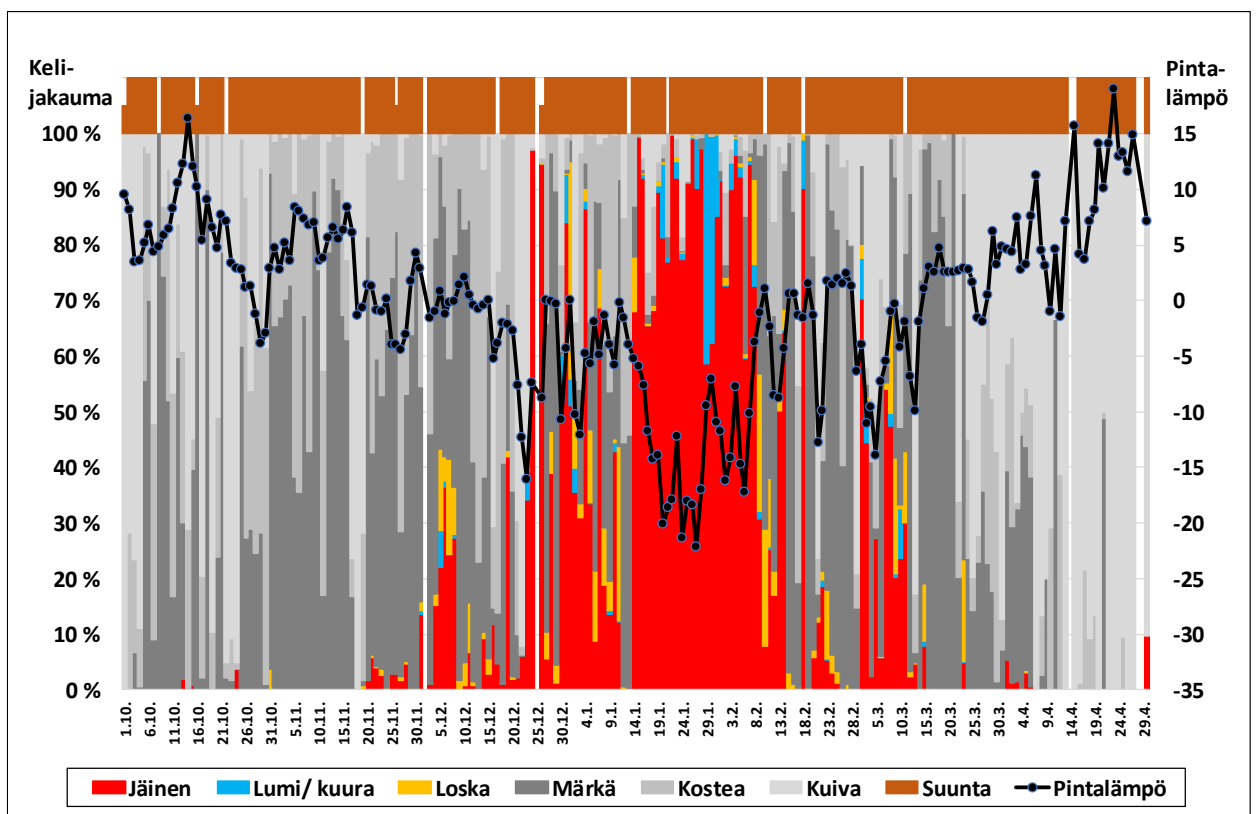
Kuva 40. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Pulkkila-Liminka ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



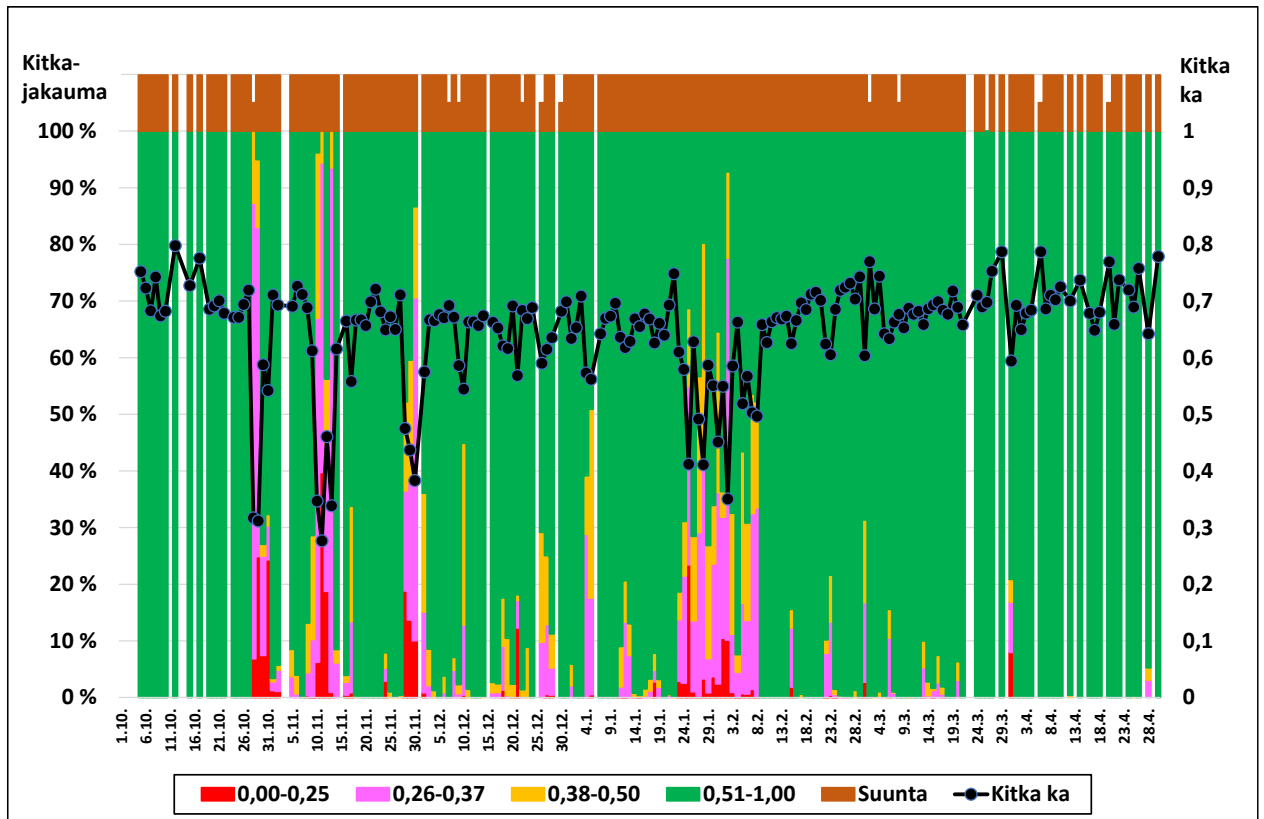
Kuva 41. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Pulkkila-Liminka ajalla 1.10.2019-30.4.2020.



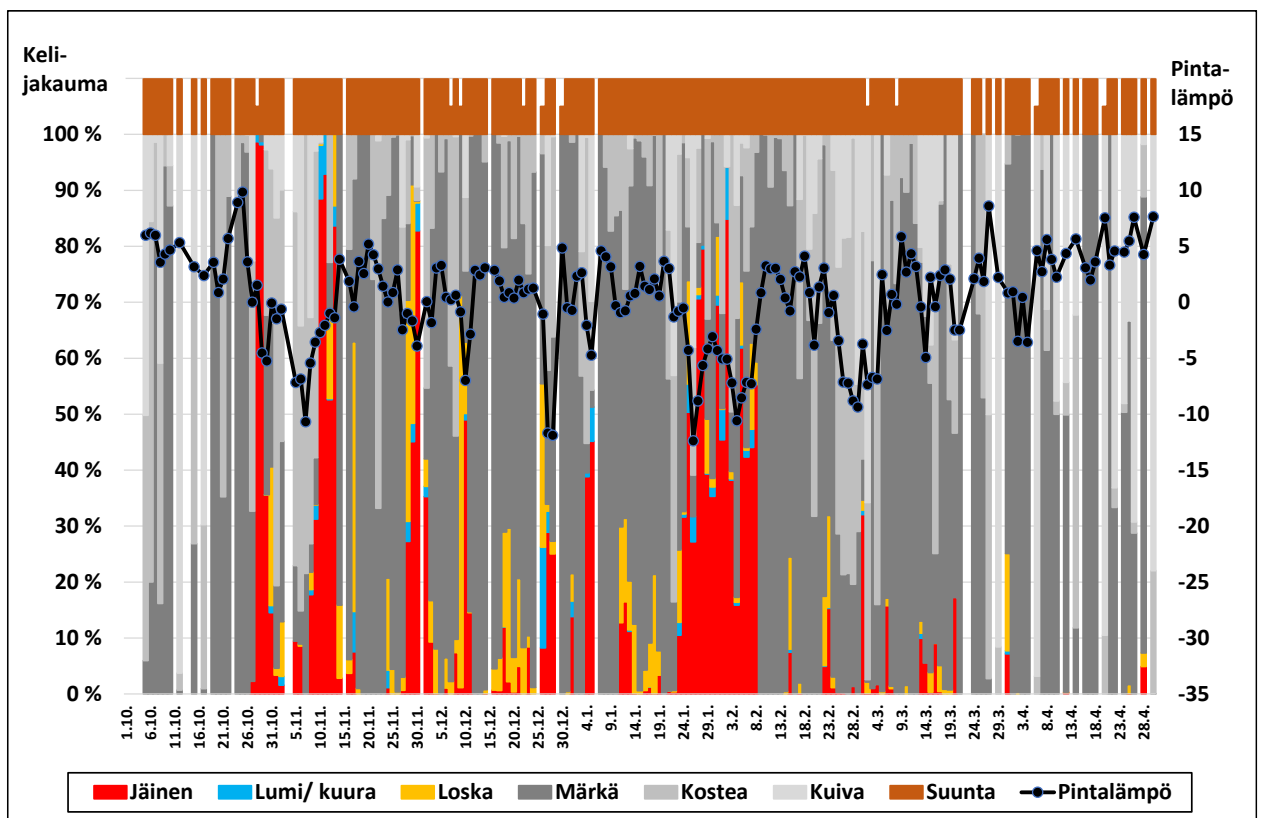
Kuva 42. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Liminka–Oulu ajalla 1.10.2018–30.4.2019.



Kuva 43. Pintalämpötila ja kelijakauma osuudella Liminka–Oulu ajalla 1.10.2018–30.4.2019.

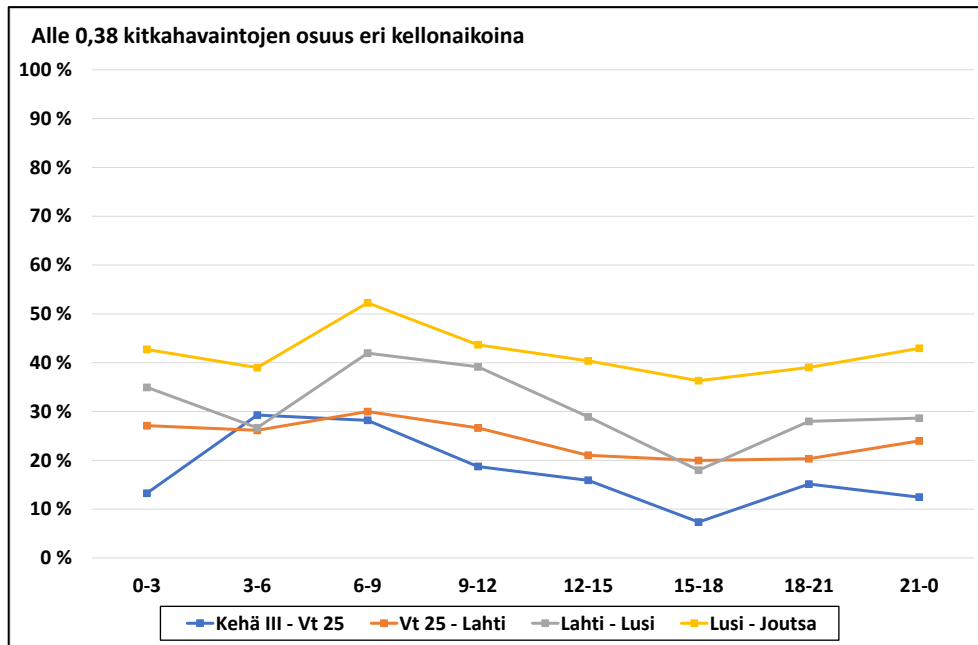


Kuva 44. Kitkan keskiarvo ja jakauma osuudella Liminka–Oulu ajalla 1.10.2019–30.4.2020.

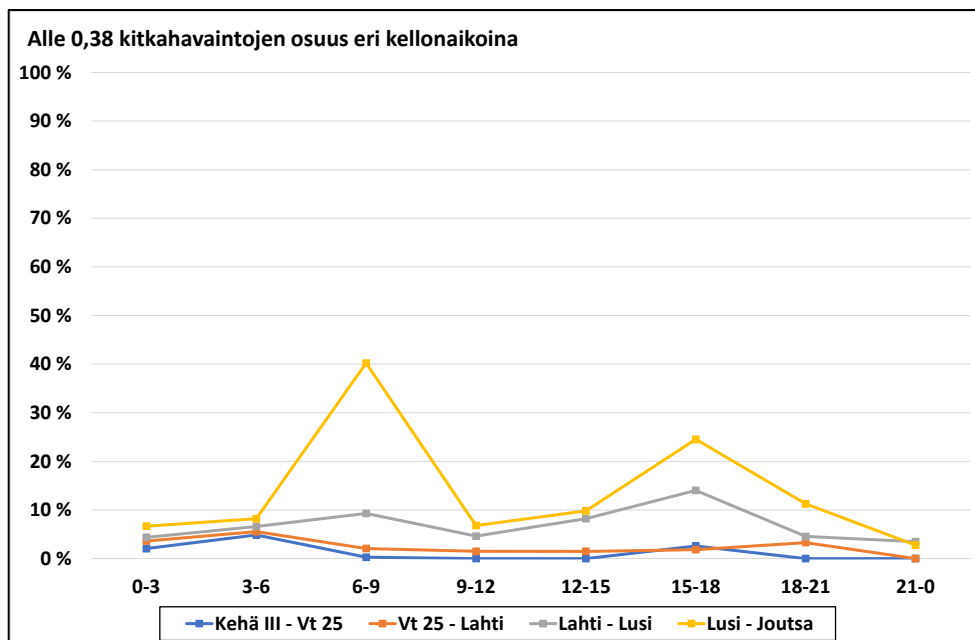


Kuva 45. Pinta-lämpötila ja kelijakauma osuudella Liminka–Oulu ajalla 1.10.2019–30.4.2020

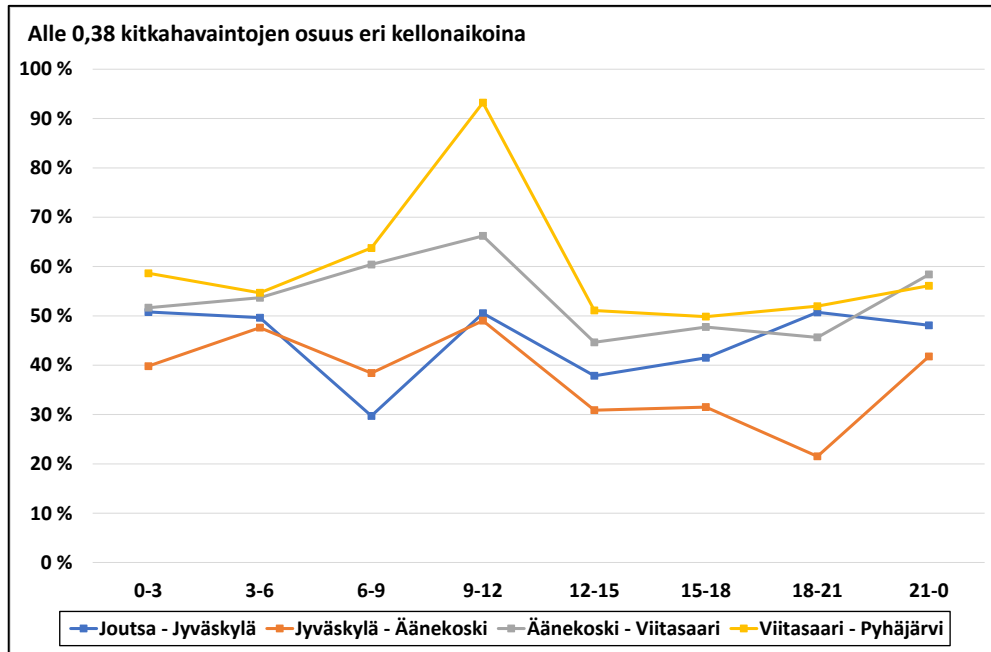
Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus tunneittain, tieosuuksittain ja kausittain



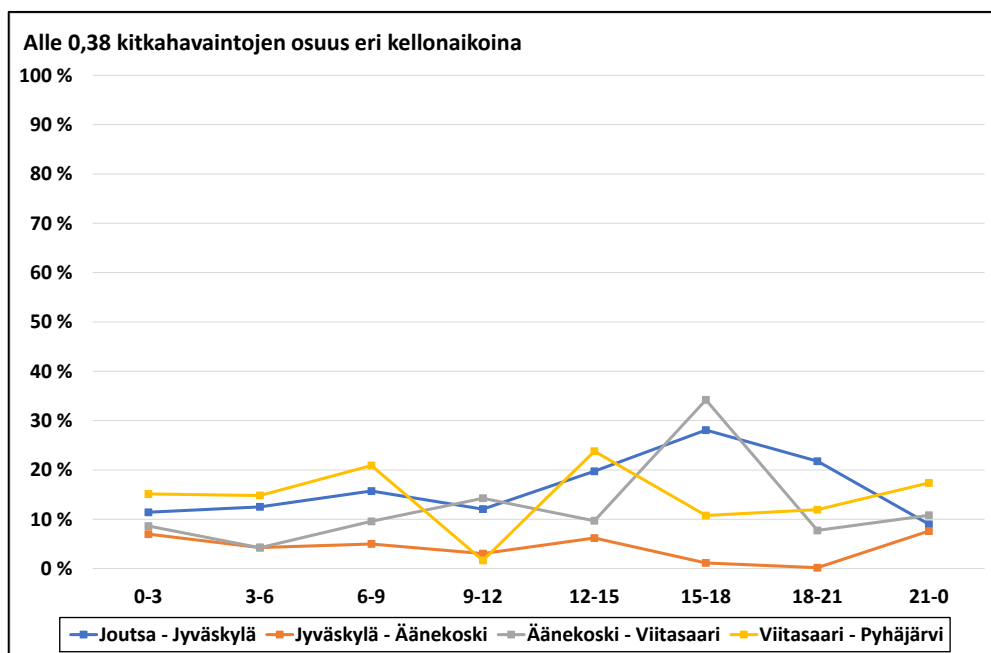
Kuva 1. Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus eri kellonaikoina tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Tieosuudet Kehä III – Vt 25, Vt 25 – Lahti, Lahti – Lusi ja Lusi – Joutsa.



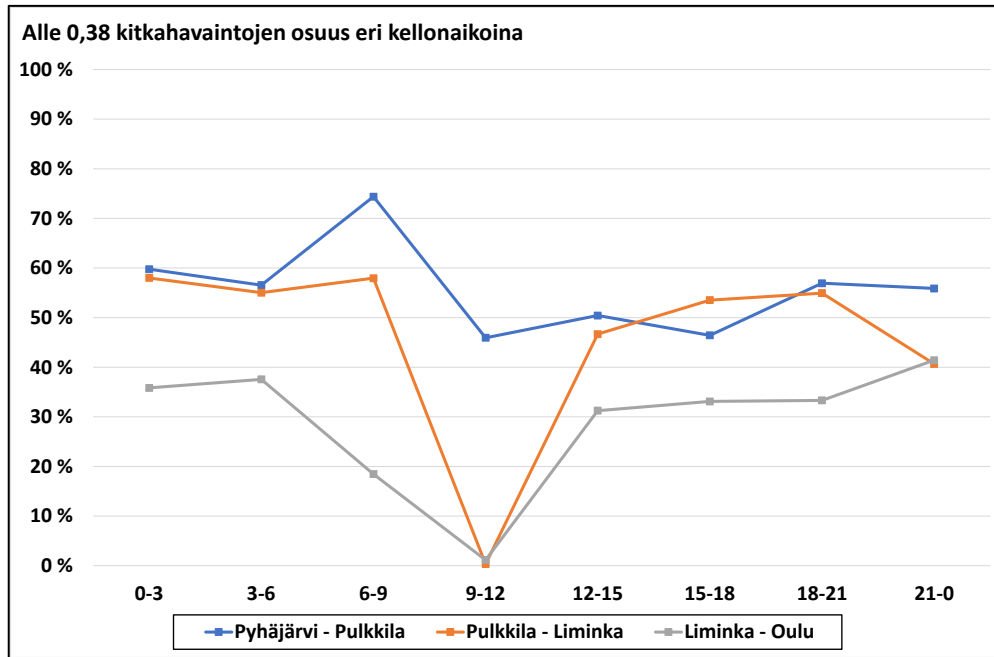
Kuva 2. Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus eri kellonaikoina tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Tieosuudet Kehä III – Vt 25, Vt 25 – Lahti, Lahti – Lusi ja Lusi – Joutsa.



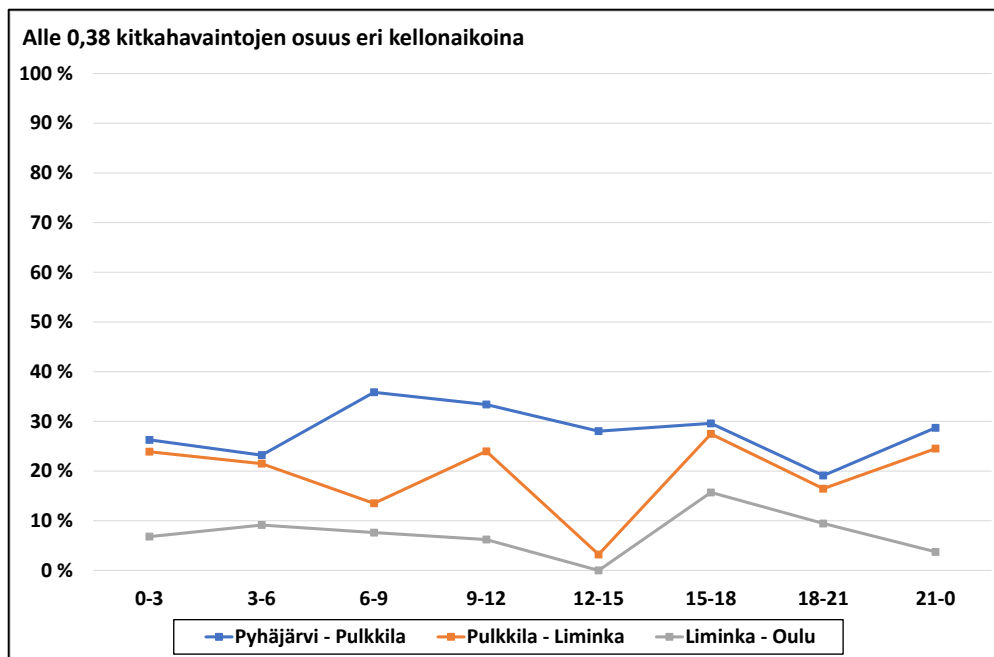
Kuva 3. Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus eri kellonaikoina tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Tieosuudet Joutsa - Jyväskylä, Jyväskylä - Äänekoski, Äänekoski - Viitasaari ja Viitasaari - Pyhäjärvi.



Kuva 4. Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus eri kellonaikoina tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Tieosuudet Joutsa - Jyväskylä, Jyväskylä - Äänekoski, Äänekoski - Viitasaari ja Viitasaari - Pyhäjärvi.

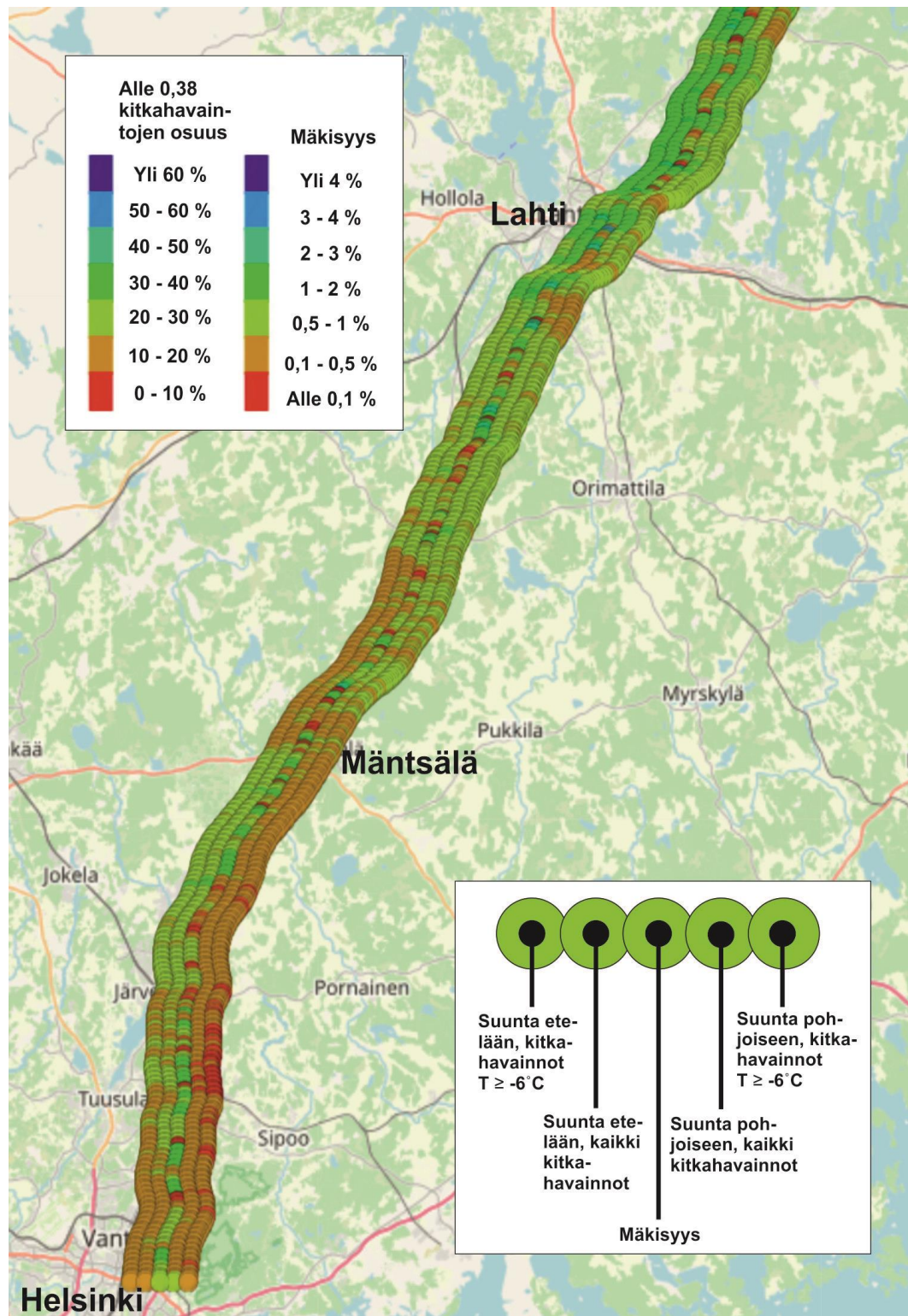


Kuva 5. Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus eri kellonaikoina tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Tieosuudet Pyhäjärvi – Pulkkila, Pulkkila – Liminka ja Liminka – Oulu.

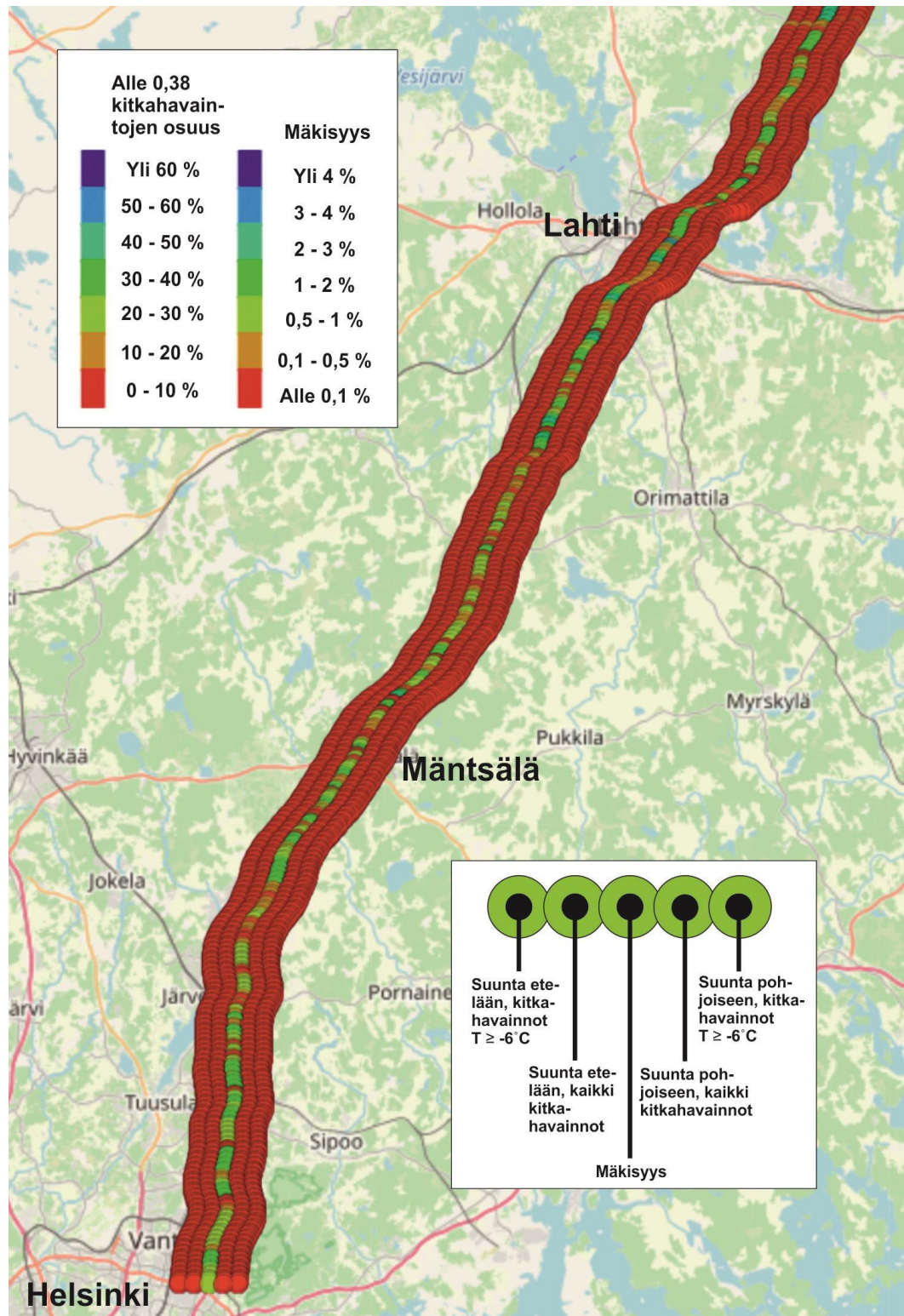


Kuva 6. Alle 0,38 kitkahavaintojen osuus eri kellonaikoina tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Tieosuudet Pyhäjärvi – Pulkkila, Pulkkila – Liminka ja Liminka – Oulu.

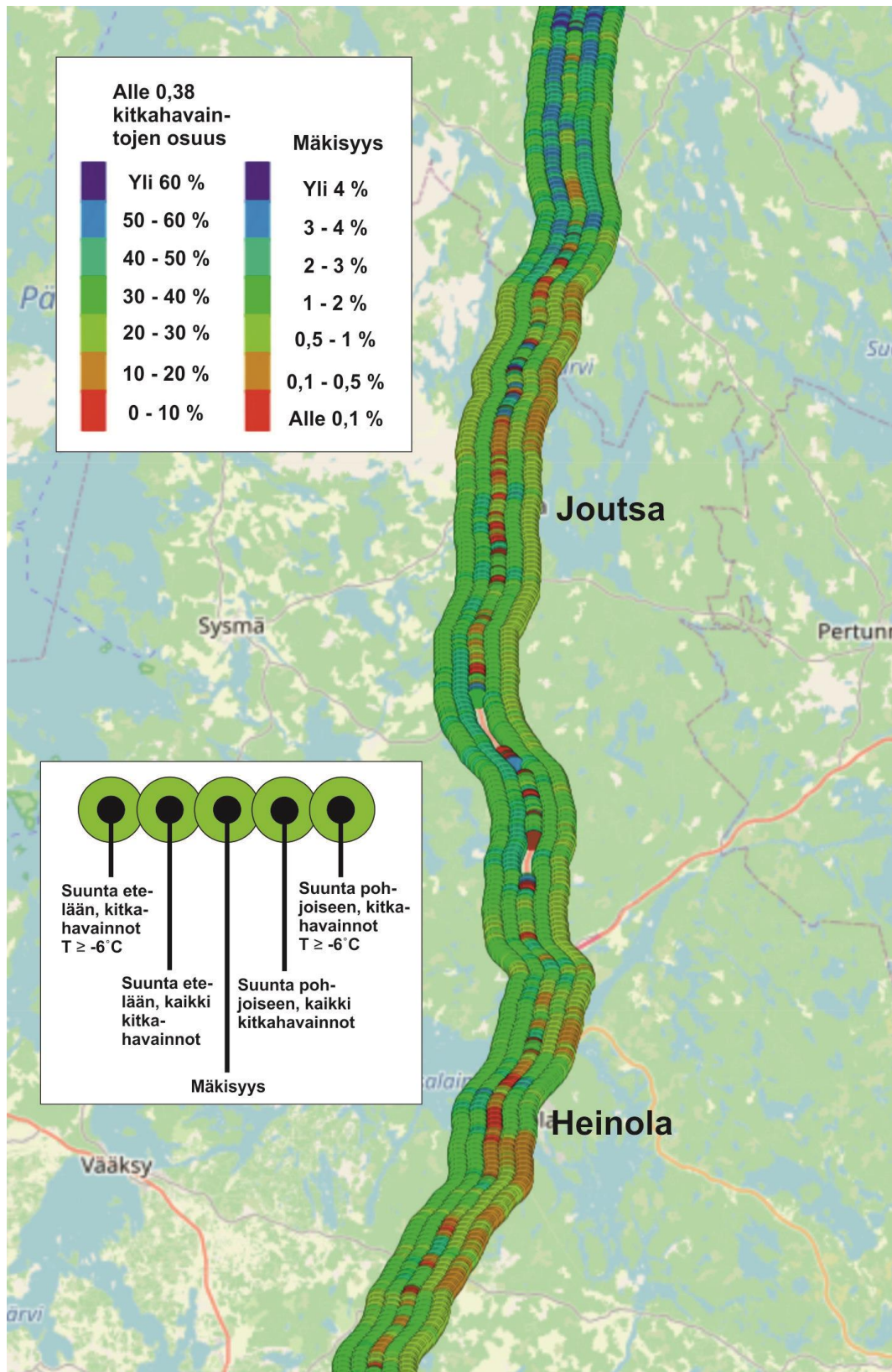
Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa



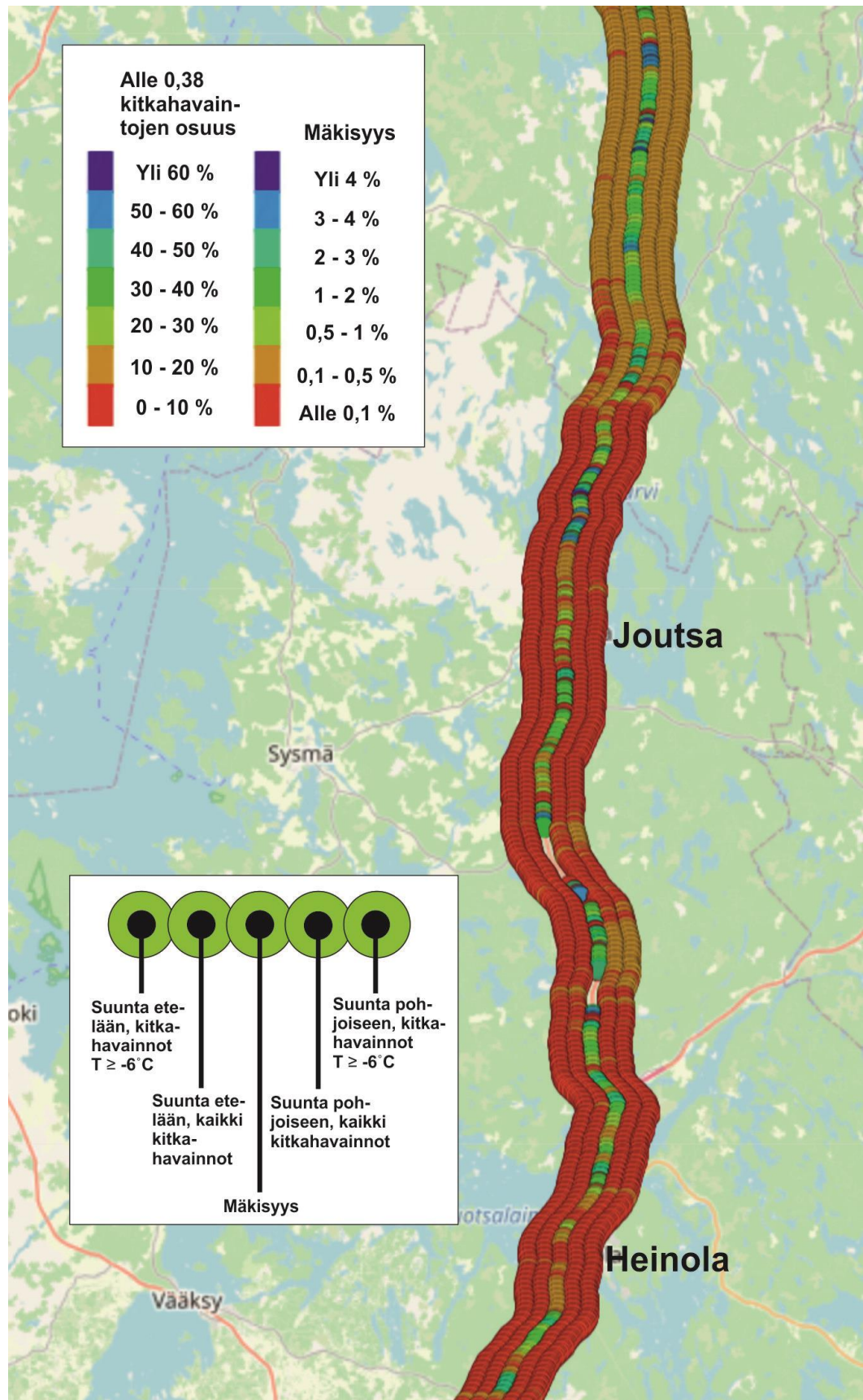
Kuva 1. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Helsinki-Lahti.



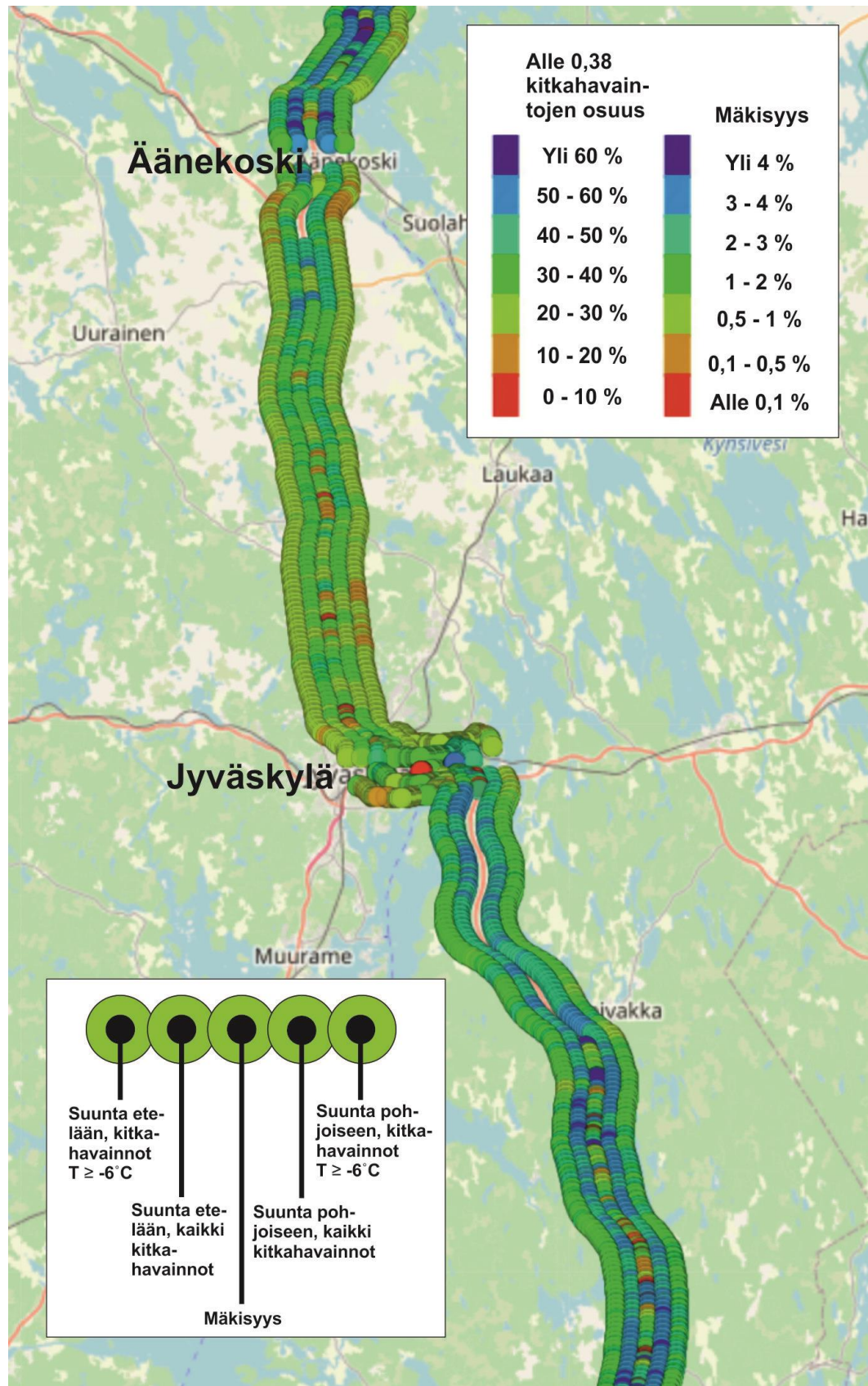
Kuva 2. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Helsinki-Lahti.



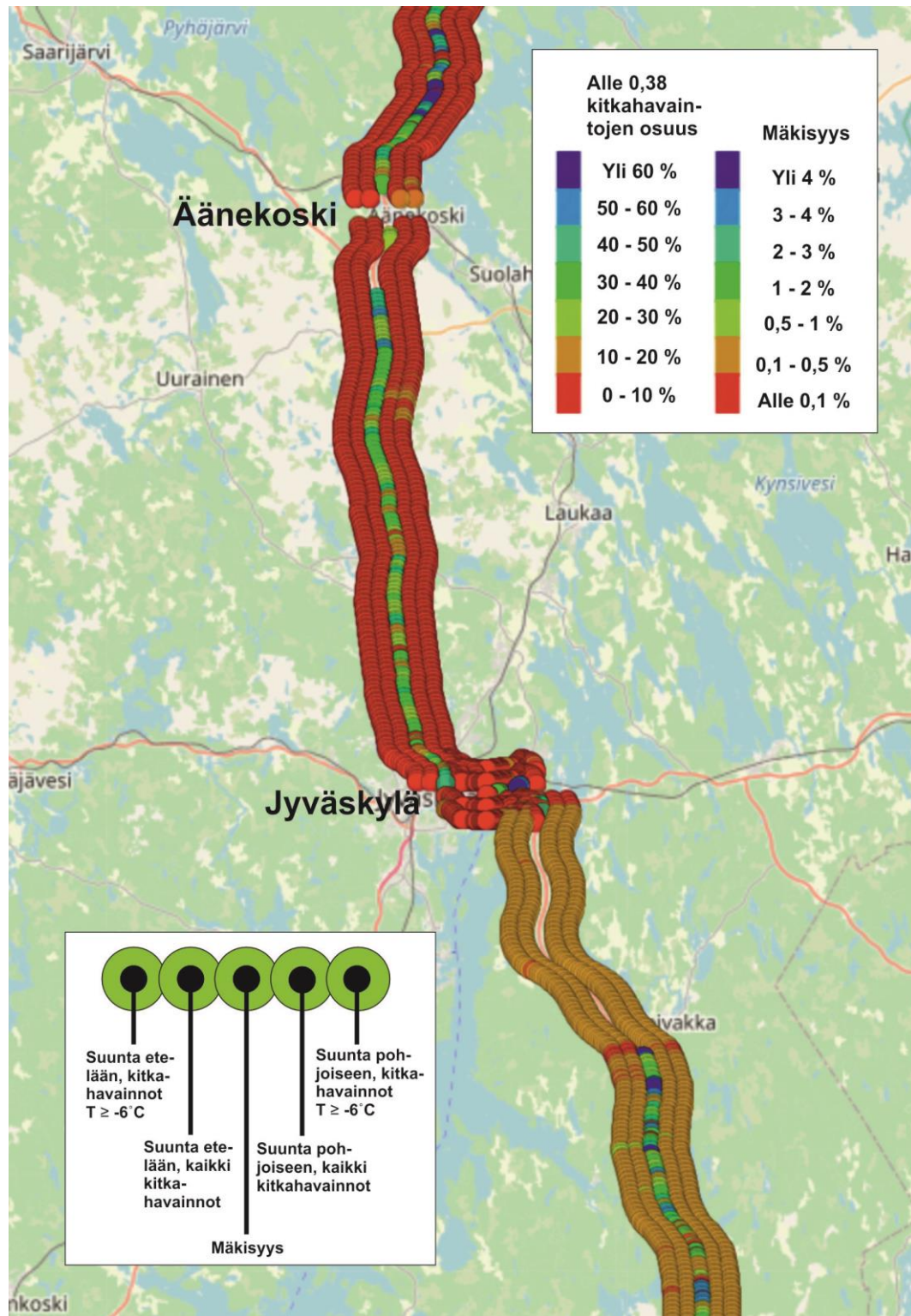
Kuva 3. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Heinola-Joutsa.



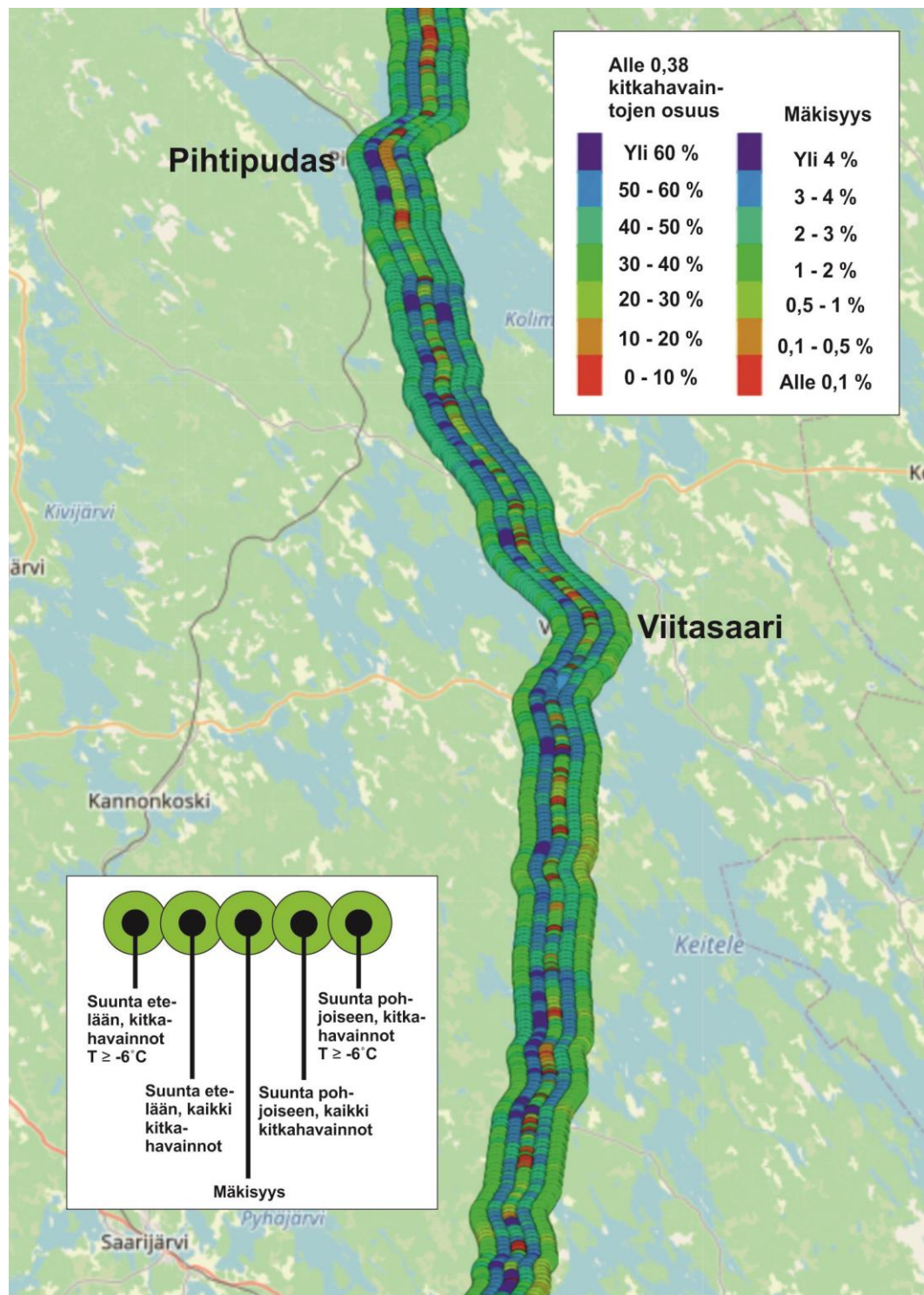
Kuva 4. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Heinola-Joutsa.



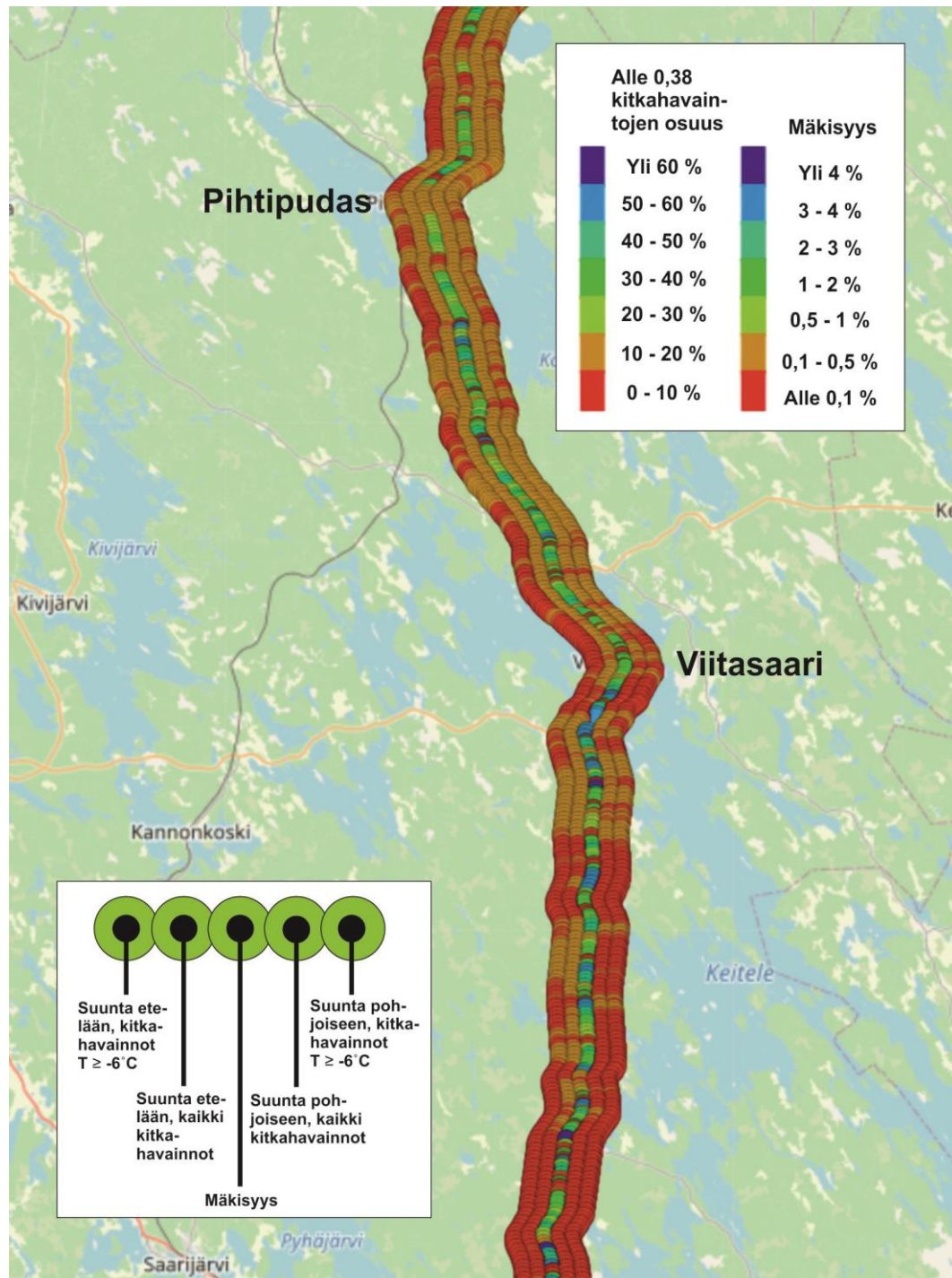
Kuva 5. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Jyväskylä-Äänekoski.



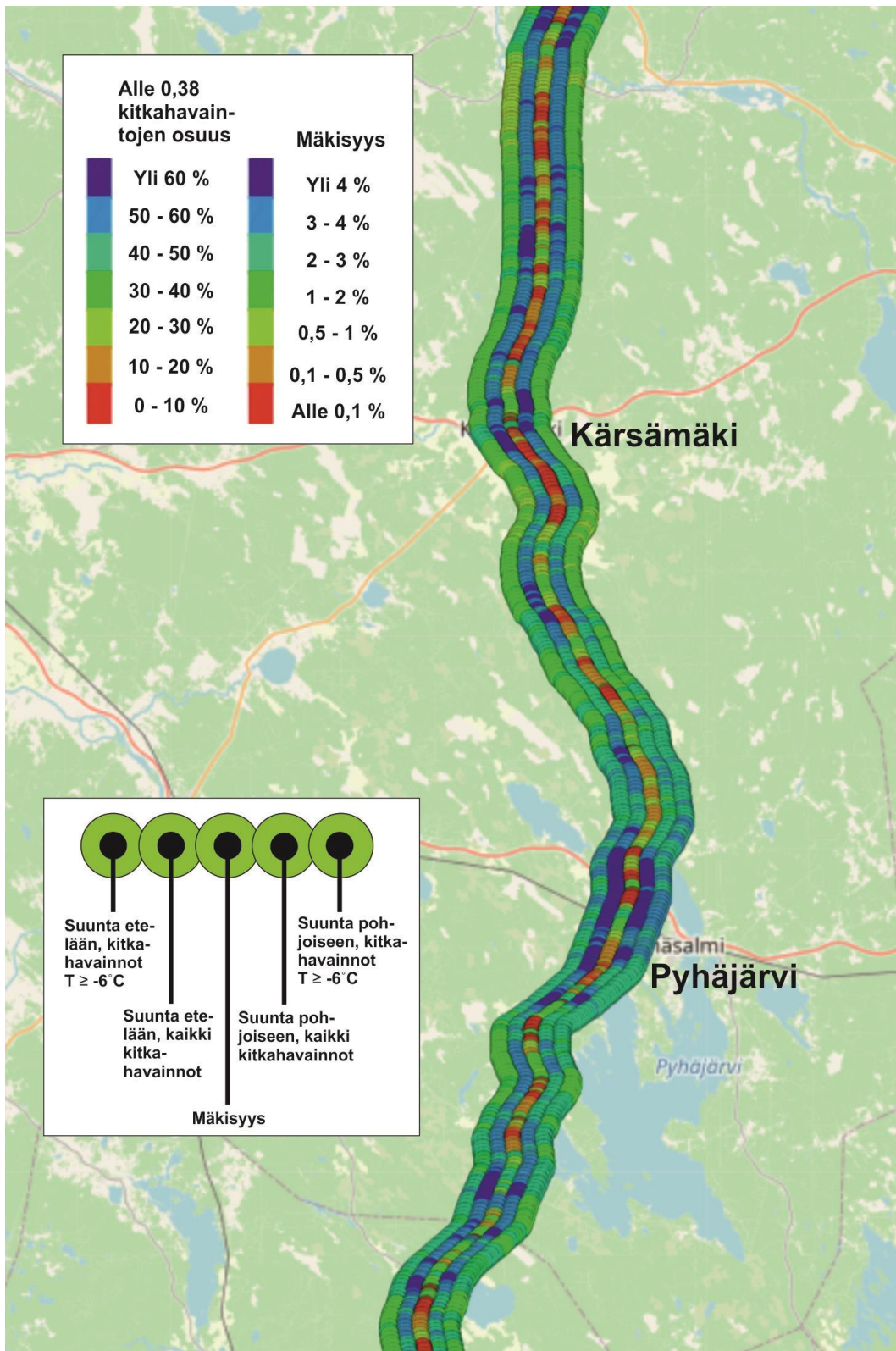
Kuva 6. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Jyväskylä-Äänekoski.



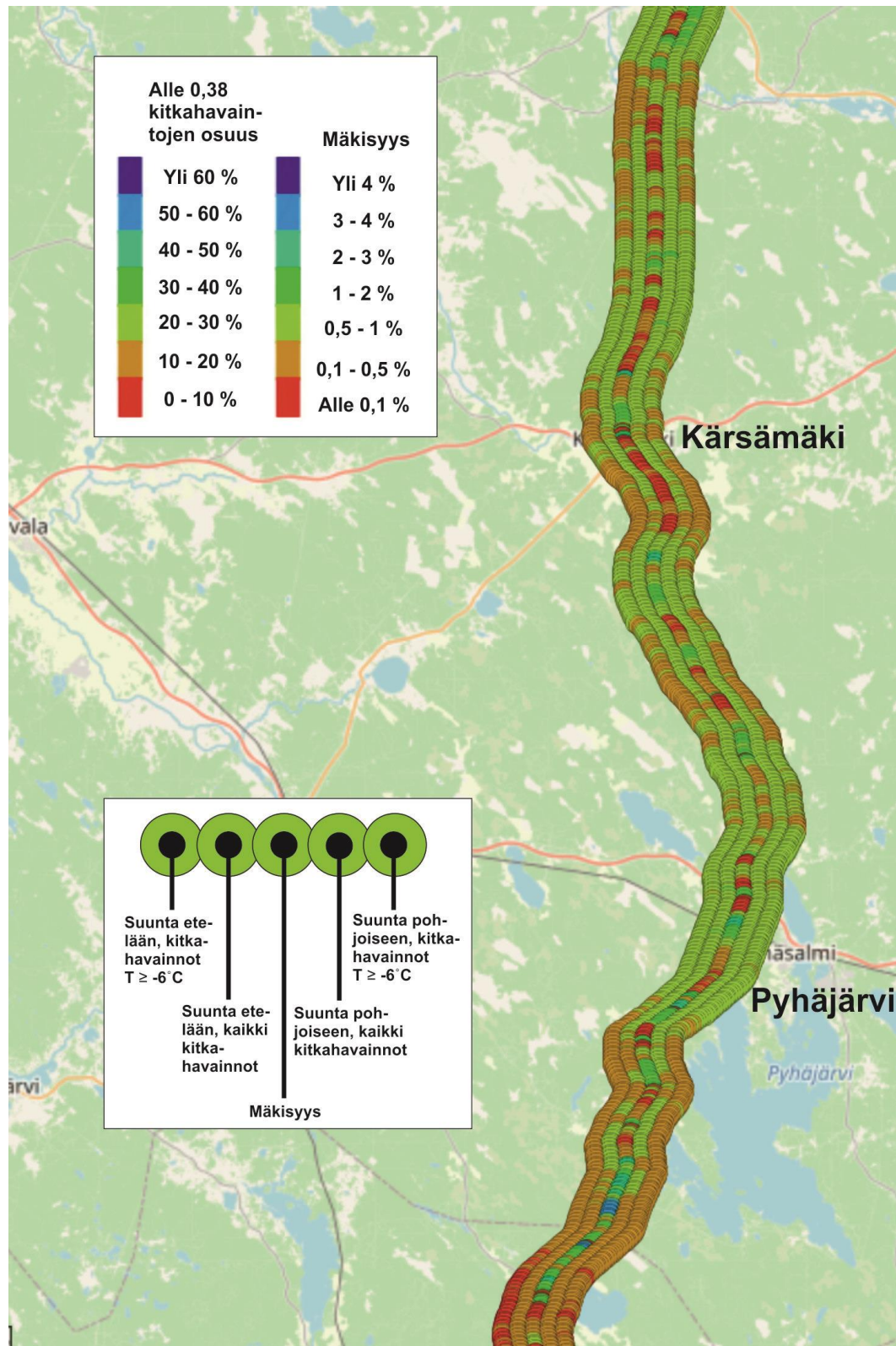
Kuva 7. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Viitasaari-Pihtipudas.



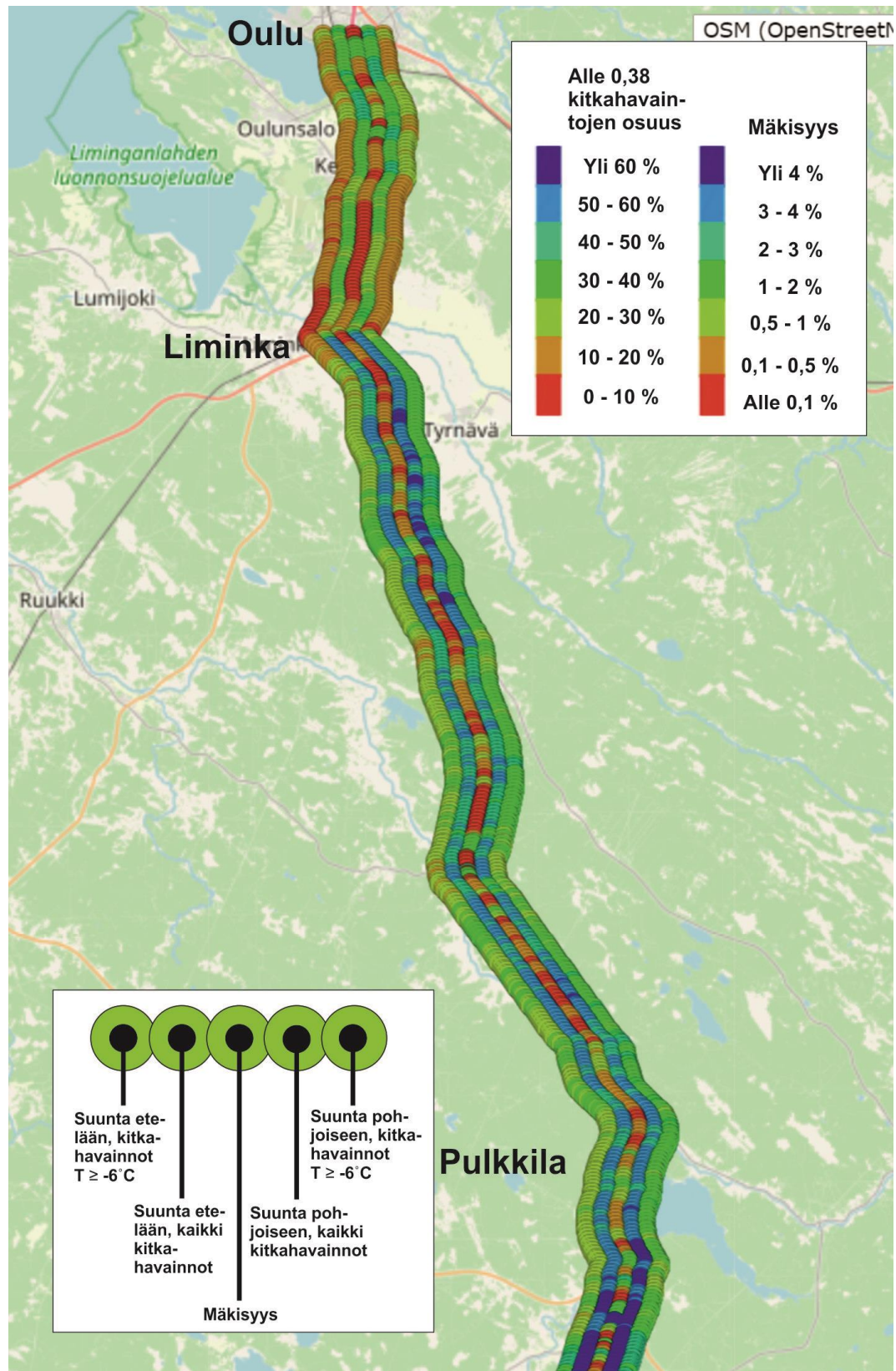
Kuva 8. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Viitasaari-Pihtipudas.



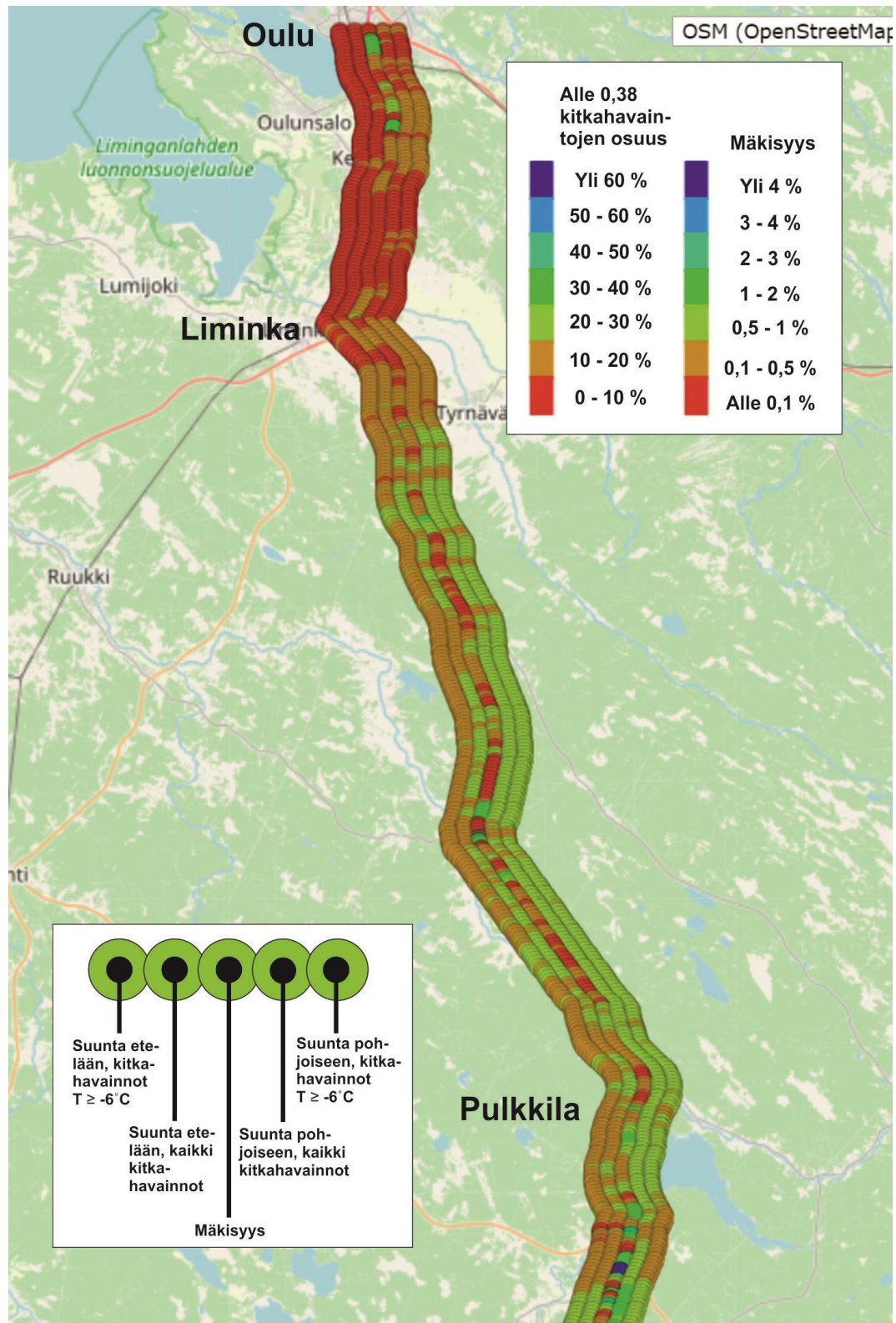
Kuva 9. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Pyhäjärvi-Kärsämäki.



Kuva 10. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Pyhäjärvi-Kärämäki.

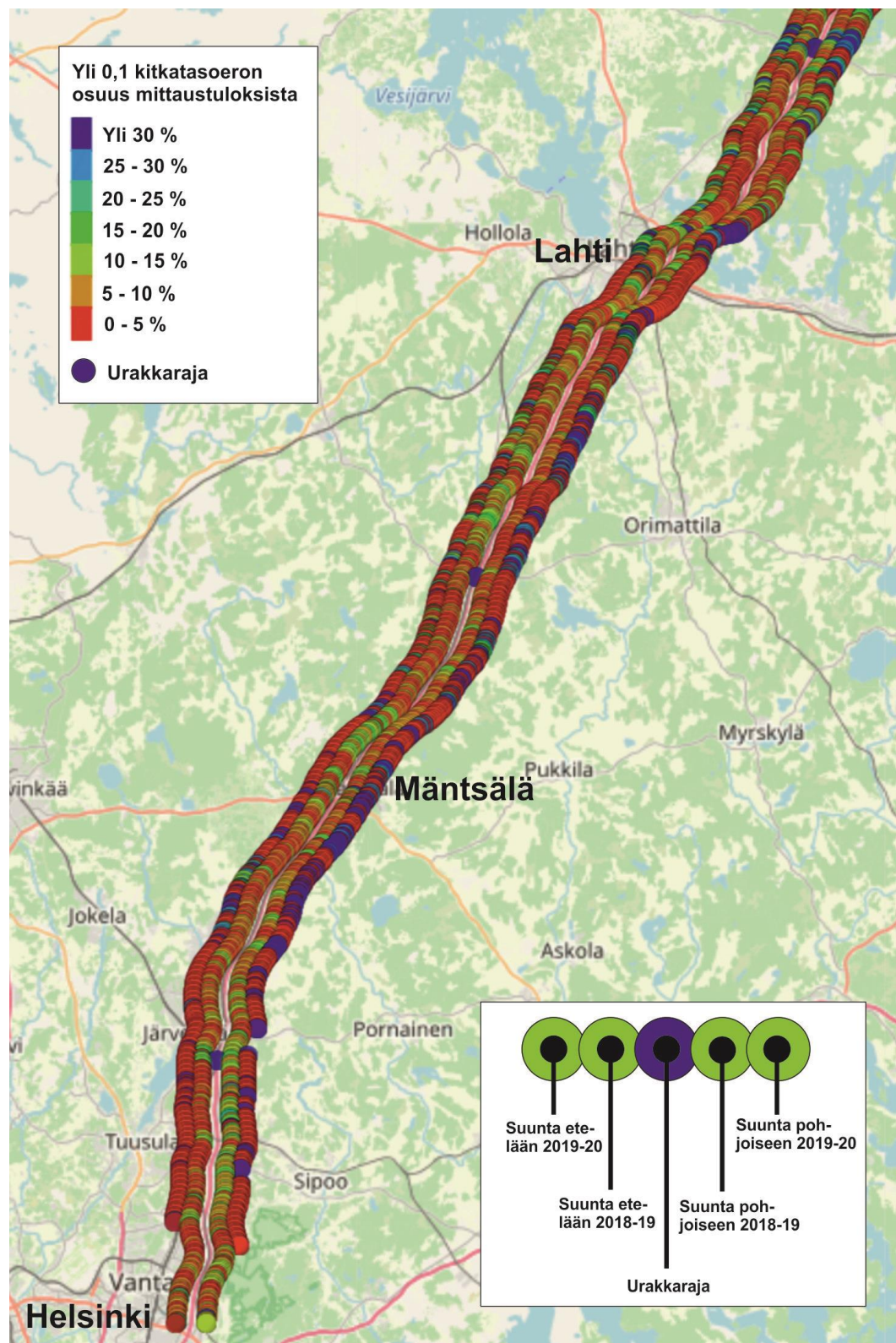


Kuva 11. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2018-19. Pulkila-Oulu.

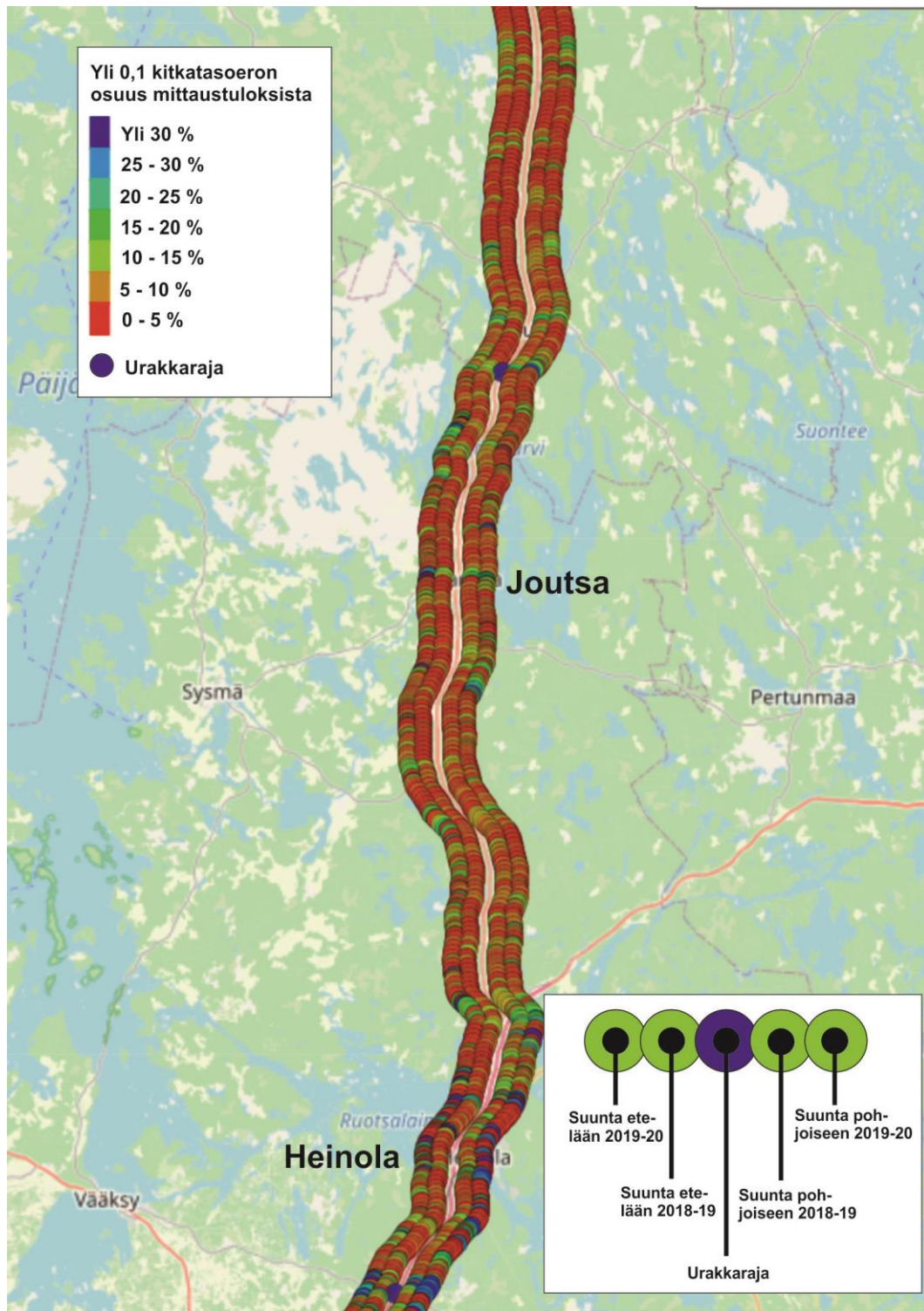


Kuva 12. Liukkaimmat tienkohdat tammi-helmikuussa talvikaudella 2019-20. Pulkila-Oulu.

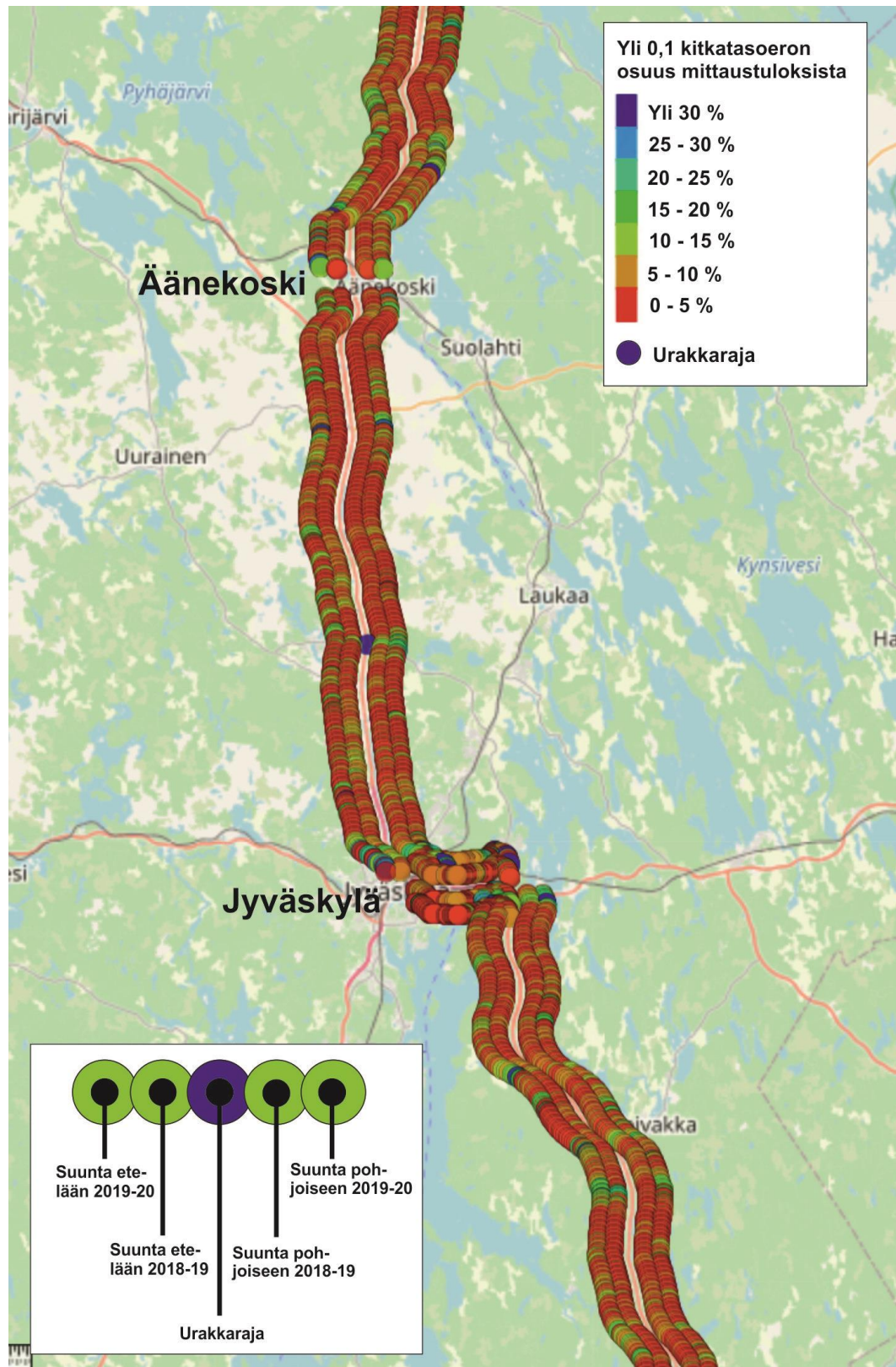
Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa



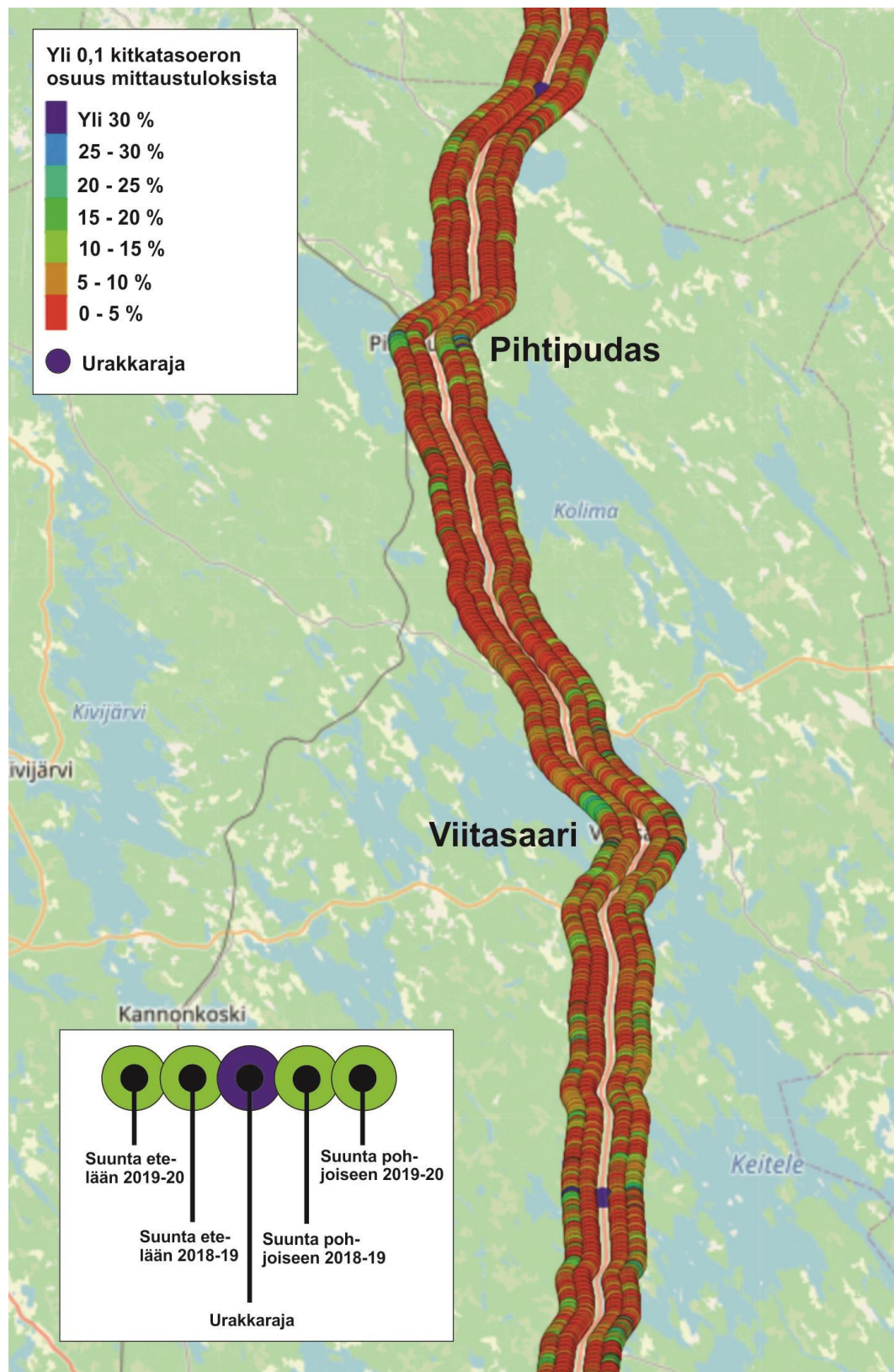
Kuva 1. Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa 2018-19 ja 2019-20. Helsinki-Lahti.



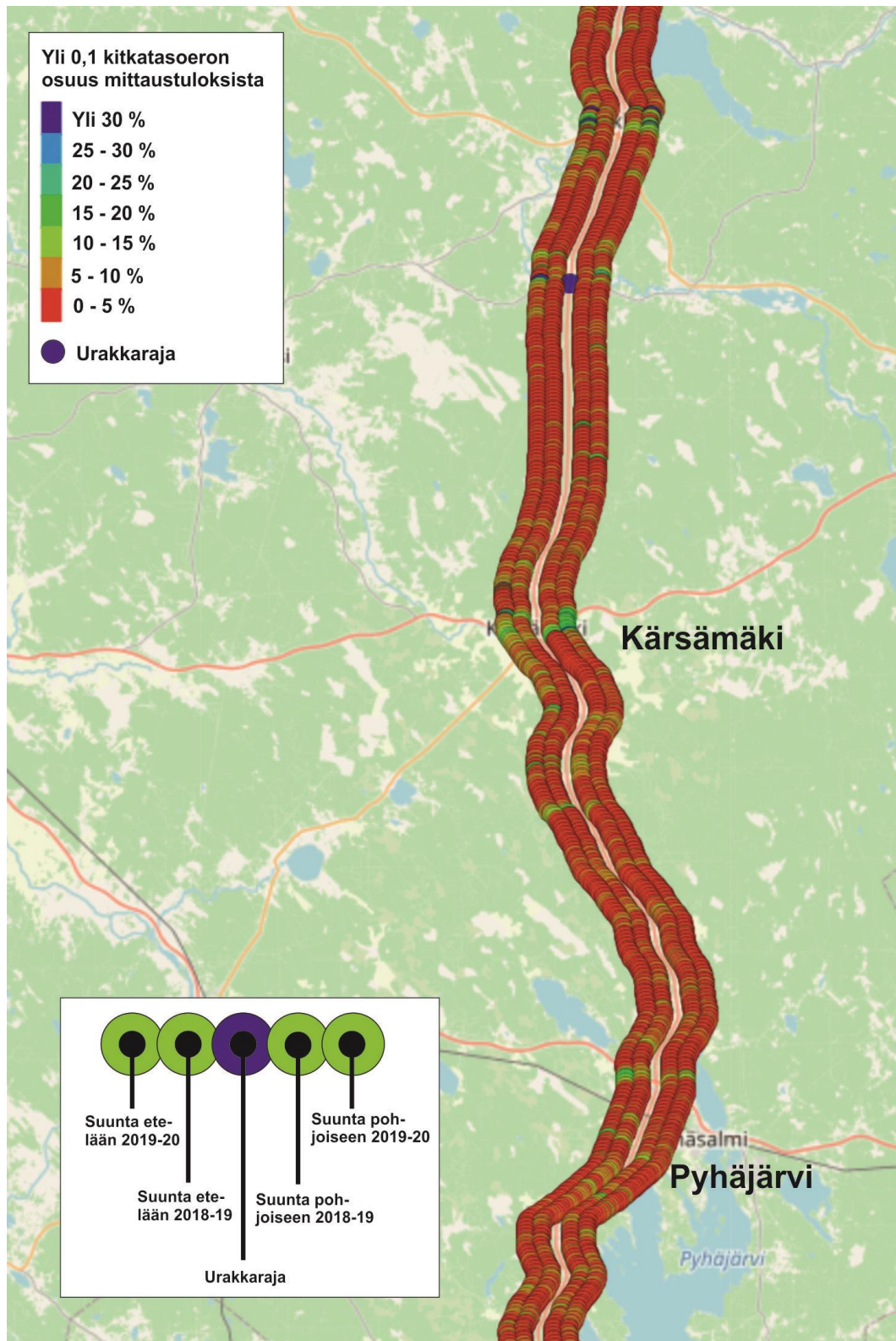
Kuva 2. Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa 2018-19 ja 2019-20. Heinola-Joutsa.



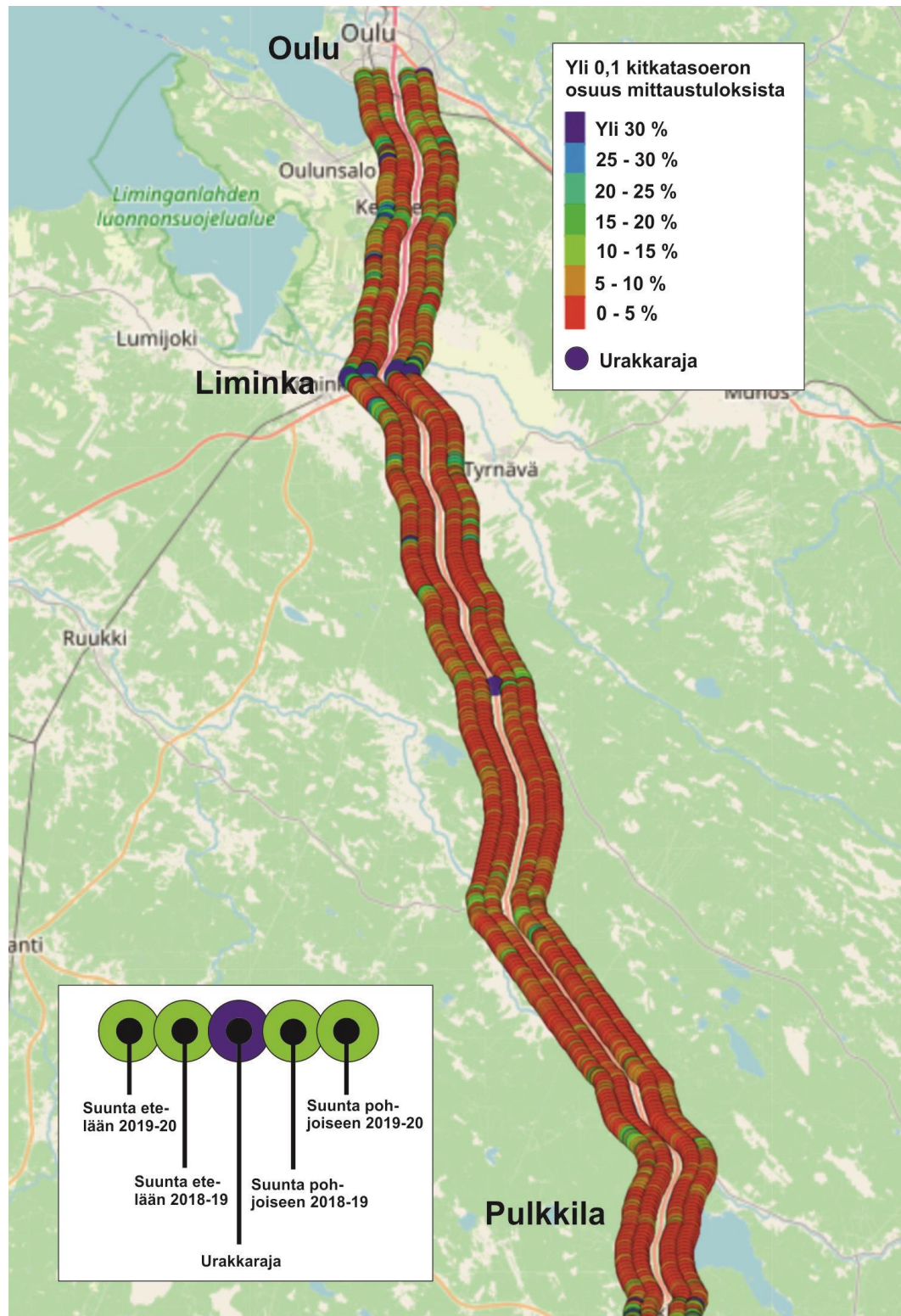
Kuva 3. Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa 2018-19 ja 2019-20. Jyväskylä-Äänekoski.



Kuva 4. Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa 2018-19 ja 2019-20. Jyväskylä-Äänekoski.



Kuva 5. Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa 2018-19 ja 2019-20. Pyhäjärvi-Kärsämäki.



Kuva 6. Kitkan tasoerot tammi-helmikuussa 2018-19 ja 2019-20. Pulkvila-Oulu.



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-809-0
www.vayla.fi